

Elisa Pakanen

## **VATSALIHASTEN VÄSYMISEN TUTKIMINEN EMG:LLÄ JA SEL- KÄVAIVOJEN VAIKUTUS TULOKSIIN**

VATSALIHASTEN VÄSYMISEN TUTKIMINEN  
EMG:LLÄ JA SELKÄVAIVOJEN VAIKUTUS  
TULOKSIIN

Elisa Pakanen  
Opinnäytetyö  
28.9.2010  
Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Hyvinvointiteknologia	Insinöörityo	44	+	2
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Sairaalateknologia	28.9.2010			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Mega Electronics Ltd	Elisa Pakanen			
Työn nimi				
Vatsalihasten väsymisen tutkiminen EMG:llä ja selkävaivojen vaikutus tuloksiin				
Avainsanat				
Vatsalihakset, selkävaivat, elektromyografia				

Opinnäytetyön tehtävänä oli selvittää EMG:n (elektromyografian) avulla suoran vatsalihaksen, ulomman vinon vatsalihaksen, sisemmän vinon vatsalihaksen ja poikittaisen vatsalihaksen kestävyyttä ja väsymistä kolmen eri mittaussasennon avulla. Tarkoituksena oli löytää mittaussasento, jolla voitaisiin kehittää vatsalihasten väsymistä mittaava testi. Lisäksi työssä selvitettiin, onko terveselkäisten ja selkävaivaisen tuloksien välillä eroja.

Mittaukset tehtiin kahdeksalle koehenkilölle, joista puolella oli selkävaivoja. Kaikki kolme eri mittaussasentoa suoritettiin yhdelle koehenkilölle kerrallaan. Mittaukset suoritettiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön tiloissa. Mittaukset tehtiin Mega Electronics LTd:n ME6000-mittalaitteella ja saatu data purettiin MegaWin 2.4 -ohjelman avulla.

Tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että väsyminen näkyi parhaiten mittaussasennossa, jossa koehenkilö oli selin makuulla, polvet 90 asteen koukussa ja kädet polvien päällä. Lähes kaikilla koehenkilöillä näkyi väsyminen tuloksissa. Kahdessa mittaussasennossa ulommissa vinoissa vatsalihaksissa ja suorissa vatsalihaksissa havaittiin tilastollisesti poikkeavia eroja terveselkäisten ja selkävaivaisten välillä. Suorissa vatsalihaksissa, ulommissa ja sisemissä vinoissa vatsalihaksissa todettiin terveselkäisillä ja selkävaivaisilla tilastollisesti merkitseviä ja melkein merkitseviä eroja tutkittaessa alku- ja loppuarvoja. Tämän työn perusteella mittaussasento, jossa väsyminen näkyi parhaiten, soveltuisi vatsalihasten väsymistä mittaavaan testiin.

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ.....	3
SISÄLTÖ.....	4
1 JOHDANTO .....	6
2 VATSALIHASTEN VAIKUTUS SELKÄVAIVOIHIN .....	7
2.1 Vatsalihakset .....	7
2.1.1 Sisempi vino ja ulompi vino vatsalihas .....	8
2.1.2 Poikittainen vatsalihas.....	9
2.1.3 Suora vatsalihas.....	9
2.1.4 Vatsalihasten toiminta .....	10
2.1.5 Vatsalihasten merkitys .....	11
2.2 Selkävaivat .....	12
2.2.1 Selkävaivojen yleisyys.....	13
2.2.2 Toiminnallinen vajavuus.....	13
2.2.3 Psyykkisistä tekijöistä johtuva vajavuus .....	15
2.2.4 Syvän lihaskorsetin ongelmat selkävivuiissa .....	17
3 EMG:N KÄYTTÖ LIHASTUTKIMUKSESSA .....	18
3.1 EMG-mittaus .....	18
3.2 Pintaelektrodit.....	20
3.3 Signaalin vahvistaminen.....	21
3.4 Lihasten väsyminen.....	22
4 TUTKIMUSONGELMAT .....	24
5 TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN .....	25
5.1 Koehenkilöt .....	25
5.2 Mittausasennot.....	25
5.3 Mittaukset .....	27
5.4 Analysointi .....	28
6 TULOKSET .....	31
6.1 Mittausasento 1 .....	32
6.2 Mittausasento 2 .....	34
6.3 Mittausasento 3 .....	36

7 POHDINTAA .....	39
LÄHTEET .....	42
LIITE 1. Esitietolomake	
LIITE 2. Mittaustulokset frekvenssianalyysin jälkeen	

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää EMG:n eli elektromyografia avulla vatsalihasten kestävyyttä ja väsymistä sekä selvittää, näkyvätkö selkävaivat vatsalihaksien toiminnassa. Teoriatietojen avulla tarkoituksena oli selvittää vatsalihasten anatomiaa ja toimintaa sekä merkitystä kehon toiminnassa. Lisäksi työssä käsiteltiin, mitä huono lihaskestävyys aiheuttaa ja millaisia lihas-toiminnan vajavuuksia selkävaivaisilla on havaittu.

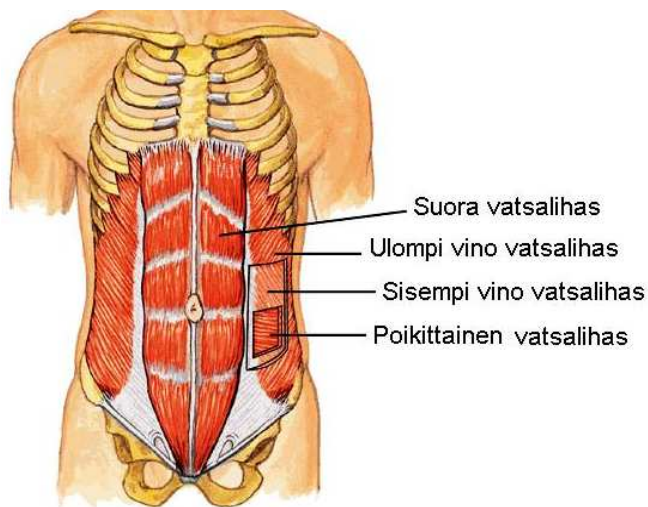
Opinnäytetyön taustalla oli Mega Electronics Ltd:n aiemmin kehittämä alaselkälihakseille tarkoitettu EMG-testi, jossa mitattiin selkälihasten väsymistä. Testin avulla on pystytty parantamaan tehokkaasti jo olemassa olevia ongelmia ja estämään tulevia alaselän ongelmia. (eMotion EMG: Low back test 2010.) Tavoitteena on kehittää vastaava testi myös vatsalihaksille. Opinnäytetyössä tarkoituksena oli eri mittausasentojen ja erilaisten koehenkilöiden avulla löytää asento, jolla voitaisiin kehittää vatsalihasten väsymistä mittaava testi, joka soveltuisi erikuntoisten ja eri-ikäisten ihmisten testaamiseen.

Opinnäytetyössä tutkittavia vatsalihaksia olivat suora vatsalihas (rectus abdominis), ulompi vino vatsalihas (external oblique abdominis), sisempi vino vatsalihas (internal oblique abdominis) ja poikittainen vatsalihas (transversus abdominis). EMG-mittauksissa oli mukana kahdeksan koehenkilöä, jotka olivat eri-ikäisiä ja -kuntoisia. Puolella koehenkilöistä oli selkävaivoja. Vatsalihaksien väsymistä tutkittiin kolmen eri mittausasennon avulla. Mittaukset tehtiin Mega Electronics Ltd:n ME6000-mittalaitteella ja saatu data purettiin MegaWin 2.4 -ohjelmalla.

## 2 VATSALIAHASTEN VAIKUTUS SELKÄVAIVOIHIN

### 2.1 Vatsalihakset

Vatsalihakset muodostavat vatsaontelon seinämät (kuva 1), ja ne koostuvat neljästä lihaksesta: suora vatsalihas (rectus abdominis), poikittainen vatsalihas (transversus abdominis), ulompi vino vatsalihas (external oblique abdominis) ja sisempi vino vatsalihas (internal oblique abdominis). Vatsalihakset sijaitsevat rintakehän ja lantion välissä. Jokainen vatsalihas toimii itsenäisesti, mutta lisäksi myös muiden lihasten kanssa yhdessä. Vatsalihakset yhdistävät selkälihakset toisiinsa lanneselkäkalvon (fascia thoracolumbalis) kautta sekä luuston lantion ja rintakehän. Vatsalihakset täytyy käsittää kokonaisuutena. (Dillman 2004, 25; Hervonen 2004, 119.)



KUVA 1. Vatsalihakset (Blue Fitness – 8 Vatsalihastreeni. 2010)

Vatsalihasten tehtävänä on tukea selkärankaa ja sisäelimiä, litistää vatsaa, liikuttaa keskivartaloa sekä osallistua hengitykseen. Vatsalihakset toimivat yleensä vain n. 50 %:n teholla. Kaikkien vatsalihasten samanaikainen supistuminen aiheuttaa sisäisen paineen nousun vatsassa, jos vartaloa ei koukisteta eteenpäin. Vatsalihakset tehostavat uloshengitystä vetämällä rintalastaa ja rintakehän etuseinää taaksepäin. Vatsalihasten supistuessa vartalo taipuu

eteenpäin, jos selkälihakset antavat myöten. (Dillman 2004, 25; Hervonen 2004, 119; Sharp 1996, 24.)

### **2.1.1 Sisempi vino ja ulompi vino vatsalihas**

Sisempi vino vatsalihas (internal oblique abdominis) on keskimmäinen lihas kolmesta vatsan sivuseinämän lihaksesta. Sisemmät vinot vatsalihakset sijaitsevat rintarangan ja lantion välissä vartalon sivuilla. Lihassyt kulkevat enimmäkseen keskeltä sivullepäin alaviistoon ja ovat kiinnittyneet suoliluunharjuun. Jotkut lihassyistä ovat kiinnittyneet suoraan 11.–12. kylkiluuhun ja muut syyt ovat epäsuorasti liittyneet linjalle, joka kulkee yhdennentoista kylkiluun kärjestä suoran vatsalihaksen ulkoreunaa pitkin pystysuorasti. (Dillman 2004, 28; Hervonen 2004, 117; Kapandji 1997,98.)

Ulompi vino vatsalihas (external oblique abdominis) on pinnallisin vatsalihas kolmesta vatsan sivuseinämän lihaksesta. Ulommat vinot vatsalihakset sijaitsevat rintarangan ja lantion välissä vartalon sivuilla sisempien vinojen vatsalihasten päällä. Lihassyt kulkevat enimmäkseen viistosti, alkaen kahdeksan alimman kylkiluun ulkopinnalta, sisäänpäin ja alas kohti rectustupen reunaa. (Dillman 2004, 28; Hervonen 2004, 117; Kapandji 1997,98.)

Vinojen vatsalihasten tehtävänä on saada aikaan vartalon sivutaivutukset, kiertoliike ja lantion kohotus sekä säädellä vatsaontelon painetta. Ulommat vinot vatsalihakset avustavat kierron samalla puolella vartaloa sekä hallitsevat vastakkaiselle sivulle koukistuksen ja ojennuksen, ja yhdessä poikittaisten vatsalihasten kanssa ne litistävät vatsaa. Sisempien vinojen vatsalihasten poikittaisesti suuntautuvat alimmat säkeet avustavat myös ristiluun ja lantioluun välillä olevien nivelten hallintaa. (Hides – Hodges – Richardson 2005, 40; Dillman 2004, 28; Hervonen 2004, 115.)



### **2.1.2 Poikittainen vatsalihas**

Poikittainen vatsalihas (tranversus abdominis) on syvimpänä oleva vatsalihaskerros. Lihassyt kulkevat poikittain rintakehän ja lantion välissä sisemmän vinon vatsalihaksen syiden kanssa samansuuntaisesti. Lihassyt levittäytyvät viuhkamaisesti kiertyessään kohti sivua. Lihas kiinnittyy lannenikamien poikkihaarakkeisiin takana. Vaakasuunnassa olevat syyt kiertävät vatsaontelon ympäri sivusta eteen ja ympäröivät sisäelimet. Poikittainen vatsalihas kiinnittyy suoran vatsalihaksen sivulla kalvojänteeseen ja sitä kautta yhdistyy vastapariinsa toisella puolella. (Dillman 2004, 27; Hervonen 2004, 119; Kapandji 1997, 96.)

Poikittaisen vatsalihaksen tehtävänä ensisijaisesti on sisäelinten ja lannerangan tukeminen. Muita poikittaisen vatsalihaksen tehtäviä ovat vatsaontelon paineen säätäminen ja vatsaontelon seinämän vaakatasossa tapahtuva jännittäminen. Poikittaisen vatsalihaksen avulla voidaan säilyttää hyvä ryhti ja kehon oikea asento. Poikittaisen vatsalihaksen ollessa vahva sen toiminta on automaattista. (Dillman 2004, 27; Hervonen 2004, 116.)

### **2.1.3 Suora vatsalihas**

Suora vatsalihas (rectus abdominis) on uloimpana sijaitseva vatsalihaskerros. Se kulkee pystysuorassa alkaen kylkiluiden ja rintalastan etupinnasta, kiinnittyy 5.–7. kylkiluiden etukaariin, rustoihin ja miekkalisäkkeeseen, jatkuu aina lantion eteen asti ja kiinnittyy häpyluun harjuun ja häpyliitokseen sekä sivuttaisena jatkoksena vastakkaisille puolille. Suora vatsalihas on parillinen lihas, jonka keskiosassa toisistaan erottaa linea alba eli jännesauma, joka on leveämpi ylhäällä. Suorasta vatsalihaksesta voidaan erottaa poikittaisia jännevyöhykkeitä, joita on navan yläpuolella kolme. (Dillman 2004, 29; Hervonen 2004, 119; Kapandji 1997, 96.)

Suoran vatsalihaksen tehtävänä ensisijaisesti on toimia vartalon eteen taivuttajana. Muita tehtäviä ovat sisäisen paineen säätely vatsaontelossa ja lantion kohottaminen. Suora vatsalihas aktivoituu, vinojen vatsalihasten tapaan, vatsan litistämisestä. (Dillman 2004, 29; Hervonen 2004, 116.)

#### **2.1.4 Vatsalihasten toiminta**

Pinnalliset vatsalihakset (suora vatsalihas, sisempi vino vatsalihas ja ulompi vino vatsalihas) myötävaikuttavat merkittävästi selkärangan tasapainoon. Pinnalliset vatsalihakset vaikuttavat selkärangan ja lantion suhteen liikkeeseen ja tasapainoon. Tämä perustuu lihasten tuottamaan vipuvarteeseen ja niiden synnyttämään voimien suuntaan. Ylempi varsi vastaa etäisyyttä miekka-harakkeen ja rintarangan välillä ja alempi varsi vastaa häpyliitoksen ja ristikukkulan välistä etäisyyttä. Taivutettaessa selkäranka vastaliike pyrkii suoristamaan asentoa. Suora vatsalihas on voimakas eteen taivuttaja, jota auttavat ulompi ja sisempi vino vatsalihas. Suora vatsalihas on suorana tukena edessä, sisempi vino vatsalihas epäsuorana tukena alas taakse ja ulompi vino vatsalihas tukena alas eteen. Vinot vatsalihakset ovat kehon sivusuunnissa tukirakenteina. (Hides ym. 2005, 39,40; Kapandji 1997, 104.)

Eri tilanteissa pinnallisten lihasten toiminta on aktiivista ja asetettu toteuttamaan ulkoisten ja sisäisten voimien suuntaa. Esimerkiksi jos istuinta, missä henkilö istuu, liikutetaan nopeasti, silloin vatsalihakset aktivoituvat ja pitävät asennon suorassa. Monissa tilanteissa kuitenkin, esimerkiksi toiminnoissa, jotka eivät ole ennalta arvattavissa tai sisältävät raskaita taakkoja, vartalon lihasten molemminpuolinen aktivaatio jäykistää rankaa. Esimerkiksi nostaessa taakkaa vatsalihakset aktivoituvat samanaikaisesti vartalon ojentajalihas-ten kanssa ja ovat aktiivisia kummallakin puolella vartalon kierron yhteydessä sekä alaraajojen nostoliikkeiden aikana tukevat lantiota. (Hides ym. 2005, 40.)

Suurin osa suoran vatsalihaksen sekä ulomman ja sisemmän vinon vatsalihaksen säikeistä kulkee poikittain tai pystysuunnassa lantiosta rintakehään. Näiden lihasten supistuminen voi litistää vatsaa, mutta ei kavenna vyötäröä.

Poikittaisen vatsalihaksen säikeet ovat sitä vastoin vaakatasossa ja voivat kaventaa vyötäröä, ilman selkärangan liikkeitä. Poikittaisen vatsalihaksen aktivoituessa itsenäisesti vatsaseinä kovertuu. (Hides ym. 2005, 218.)

Poikittaisen vatsalihaksen merkityksestä lantion ja lannerangan hallinnassa on keskusteltu. Tämä johtuu sen monimutkaisuudesta. Koska lihas koostuu pääasiassa lihassyistä, jotka ovat suuntautuneet poikittain, sillä on rajoitettu kyky koukistaa, ojentaa tai sivusuunnassa koukistaa selkärankaa. Vaikka poikittaisen vatsalihaksen on osoitettu aktiivisesti olevan vartalon kierto- liikkeissä mukana, on sillä rajoittunut kyky saada aikaan kierto- liikettä. Kuitenkin poikittaisilla vatsalihaksilla on merkittävä osuus tasapainoon sekä lantion ja rangon välisen liikkeen hallintaan. (Hides ym. 2005, 40,46.)

### **2.1.5 Vatsalihasten merkitys**

Ihmisistä suurimmalle osalle hyvät vatsalihakset ovat samat kuin pyykkilau- tavatsa. Monesti tämä ei pidä paikkaansa, sillä vaikka vatsa olisi litteä, kes- kivartalon lihakset saattavat olla heikkoja. Suoran vatsalihaksen vahvistami- nen perinteisillä vatsalisharjoituksilla, kuten vatsanrutistusliikkeillä, muokkaa vatsan ulkonäköä, mutta ei kehitä keskivartalon ydintukea. Vahvo- jen keskivartalolihashen eli ydintuen avulla liikkuminen on tehokkaampaa se- kä ryhti ja tasapaino ovat parempia. Vahvat ydintukilihakset antavat suojaa alaselälle, ja nimenomaan syvät vatsa- ja selkälihakset tukevat ja suojaavat selkärankaa. Hyvä ryhti ja oikea selkärangan asento tulevat vatsa- ja selkäli- hasten yhteistyöstä. Vatsa- tai selkälihashen tai molempien ollessa heikot syntyy lihasepätasapainoa, joka vaikuttaa koko vartaloon. Tämä epätasa- paino vaikuttaa lihaksiin, niveliin ja nivelsiteisiin rasittamalla niitä ja lisäksi saattaa aiheuttaa niska- ja selkäkipuja sekä väsymystä. (Dillman 2004, 38, 40.)

Vahvat keskivartalolihakset muodostavat ”korsetin” keskivartalon ympärille. Tämä auttaa vartaloa pysymään oikeassa asennossa seistessä, istuessa ja liikkuesssa. Vartalon oikea asento ja hyvä ryhti antavat mahdollisuuden te- hokkaaseen liikkumiseen. Energian kulutus on vähäisempää, kun väsymistä

ei tapahdu niin nopeaa. Kaikki liikkuminen tapahtuu keskivartalon kautta. Vaikka muut lihakset, esimerkiksi käsi- ja reisilihakset, olisivat vahvat, mutta keskivartalolihakset eivät, niiden heikkous vaikuttaa kaikkeen liikkumiseen. Jos keskivartalolihakset eivät ylläpidä vartalon vakautta liikkeen aikana, muut lihakset yrittävät korvata tämän. Silloin syntyy lihasten epätasapainoa, joka voi altistaa tapaturmille tai vammoille. (Dillman 2004, 40, 46.)

Arkielämässä vahvoja vatsa- ja selkälihaksia tarvitaan myös. Kaikki arkipäivän toimet vaativat keskivartalolihaksia, kuten pöydän ääressä istuminen, jonossa seisominen, siivoaminen, lasten nostaminen ja muu liikkuminen. Keskivartalon lihasten heikkous näkyy esimerkiksi aivastaessa, yskiessä tai työntäessä, jolloin vatsaontelossa paine kasvaa ja lannerangan välilevyihin aiheutuu puristusta. Lisäksi arkipäivän toimet saattavat aiheuttaa kipua tai jopa vammoja. (Dillman 2004, 47; Sharp 1996, 25.)

## **2.2 Selkävaivat**

Kivuliaat ranka-lihasperäiset ongelmat, esimerkiksi alaselkäkiput, muodostavat suuren osan terveydenhuollon kustannuksista teollistuneissa maissa ja lisäävät sairastavuutta tavallisen väestön keskuudessa. Selkäkiput ovat erittäin yleinen vaiva väestössä, joka harrastaa paljon liikuntaa ehkäistäkseen sydän- ja verisuonisairauksia. Lähes puolet liikuntaelinsairauksista aiheutuu selkävaivoista. (Hides ym. 2005, 3; Selkälinikka 2010, linkki Selkävaiva.)

Selkäsairauksissa käytettyjä termejä selkävaiva ja selkäkipu käytetään synonyymeina usein, vaikka niiden kuvaamat selkä-ongelmat kuuluvat eri osa-alueisiin. Termit eivät kerro, onko kyseessä rakenteellinen vaurio vai jokin muu ongelma. Selkävaivat jaetaan kolmeen luokkaan: välilevyn pullistumista johtuviin, diagnosoituihin selkäsairauksiin ja ei-diagnosoituihin selkävaivoihin. Yleisin näistä luokista on ei-diagnosoidut selkävaivat. (Kujala – Taimela – Vuori 2005, 310.)

### **2.2.1 Selkävaivojen yleisyys**

Noin miljoonalla suomalaisella on joka vuosi selkävaivoja. Kymmenestä ihmisestä kahdeksalla esiintyy elämänsä aikana selkäkipua, mutta näistä vain yhdellä kipu ja oireet ovat jatkuvia. Neljäsosa selkäkivuista häviää itsestään vuoden kuluessa. Valtaosalla selkävaivat loppuvat alle kuukaudessa. Alle kaksi viikkoa kestävää selkäkipua kutsutaan akuutiksi selkävaivaksi. Yli kaksitoista viikkoa kestävää kipua kutsutaan krooniseksi selkävaivaksi. Oireiden helpottumista ei kannata odottaa pitkään, koska selkävaiva kroonistuu ja parantuminen vaatii pidemmän ajan. (Selkäklinikka 2010, linkki -> selkävaiva.)

Selkävaivojen riskitekijöinä pidetään vartalonlihasten heikkoutta, ylipainoisuutta, tapaturmia, työn kuormittavuutta ja tupakointia. Työn fyysisten haittojen, kuten ruumiillinen rasitus, yksipuoliset työliikkeet, huonot työasennot, sekä huono nostovoima, on todettu aiheuttavan selkävaivoja ja kudოსvaurioita. Kudოსvaurio voi aiheuttaa selkäkipua. Lisäksi runsas autolla ajo lisää selkävaivoja. Selän hyvä kesto-voima vähentää selän kipuja ja lihasvoimalla on yhteyttä selkäkipuihin. Työn fyysisellä kuormituksella ja psykososiaalisilla tekijöillä, kuten stressillä, on yhteyttä selkävaivojen esiintymiseen ja keston. Käyttäytymistapa vaikuttaa selkäkipujen kokemiseen ja selkälihasten aktivaatioon, eli ihmiset reagoivat muun muassa psyykkiseen rasitukseen eri tavoin. Uupumus, stressi ja masentuneisuus lisäävät selkäkivun pitkittymisen riskiä. (Haukatsalo 1998, 124,125; Hides ym. 2005, 105; Kujala ym. 2005, 311; Lindgren 2005, 181,182.)

### **2.2.2 Toiminnallinen vajavuus**

Selkärangan lähellä oleviin lihaksiin syntyy akuutin selkäkivun takia heijasteellisia lihaskouristuksia, eikä lihaksisto normalisoidu aina kivun hävittyä. Kudოსvaurion aiheuttama akuutti selkäkipu voi pitkittyessään johtaa laajaan häiriöön motoriikan säätelyssä. Seurauksena saattavat olla muun muassa keskivartalon lihasten reaktioiden viivästyminen, selkärangan lähellä olevien lihasten yliaktiivisuus levossa, tasapainon heikkeneminen ja huono koordinaatio. Akuutista selkäkivusta voi syntyä myös vajaakuntoisuuskierre, jossa

selkärangan lähellä olevien lihasten muuttunut toiminta ja kipu aiheuttavat selän käyttämättömyyttä ja aiheuttavat vajaakuntoisuutta, joka ylläpitää edelleen kipua. Tästä voi aiheutua krooninen selkävaiva. Tilanteen pitkittyessä liikelaajuus selässä rajoittuu ja lihaskestävyys ja -voima heikkenevät. Kuvantamis- ja laboratoriotutkimuksilla on todettu kroonisista selkäkivuista kärsivillä selkärangan viereisten lihasten surkastuneisuutta ja tukikudoksen syntymisen heikentymistä. (Kujala ym. 2005, 312.)

Alaselkävivuista kärsivillä ihmisillä on todettu vatsalihasten toiminnassa poikkeavuutta. Tutkimuksilla on osoitettu kestävyys- ja voiman alenemista vatsalihaksissa. Monissa EMG-tutkimuksissa on selvitetty lihaksen aktiivisuuden syttymistä nopeissa ylä- ja alaraajan liikkeissä (Hodges ja Richardson 1996, 1998). Tutkimuksissa oli mukana ihmisiä, joilla oli toistuvaa selkäkipua ja jotka olivat kivuttomassa vaiheessa. Tutkimuksen tulosten perusteella havaittiin poikittaisen vatsalihaksen aktiviteetin viivästymistä yläraajan ja alaraajan kaiken suuntaisissa liikkeissä. (Hides ym. 2005, 141, 143.)

Kliiniset tutkimukset ja kokeet ovat osoittaneet sen, että alaselkävivuista kärsivät eivät pysty aktivoimaan syviä selkälihaksia ja poikittaisia vatsalihaksia itsenäisesti ilman globaalilihasten eli ulomman ja sisemmän vinon vatsalihaksien toimintaa. Alaselkäkipupotilailla on olemassa kahdenlaista ääripäätä. Osalla paikallisten lihasjärjestelmän hallinnassa on puutteita, mutta globaalilihasten korvaamista tapahtuu vähän. Nämä selkäpotilaat voivat tuntea kestävyys- ja voimattomuutta lihaksissa, jotka vastustavat painovoimaa, jopa globaalilihaksissa. Osalla alaselkäkipupotilaista paikallinen lihasjärjestelmän hallinta on heikkoa ja globaalilihasten yliaktiivisuus ja korvaaminen on suurta. Alaselkäkipupotilaista suurin osa sijoittuu näiden kahden eri ääripään välille. (Hides ym. 2005, 198,199.)

Pitkäaikaisista alaselkävivuista kärsivien ihmisten hengitystapa saattaa muuttua. Vinot lihakset aktivoituvat joskus sisään- ja uloshengityksen aikana. Hengityksen aikana näiden lihasten pitäisi normaalisti olla rentoutuneina.

Vinojen lihasten yliaktiivisuus voi aikaan saada rintakehän väsymistä ja var-  
talon eteen taipumista. (Hides ym. 2005, 200.)

Tutkimus (Scott ja Deeg 2003, julkaisematon data) on vahvistunut, että pit-  
käaikaisista alaselkäkivusta kärsivillä poikittaisen vatsalihaksen hallinta on  
heikkoa, sekä rintakehän liikkuvuudessa on muutoksia. Tutkimuksessa mi-  
tattiin pitkäaikaisista alaselkäkivuista kärsivien ja terveselkäisten verrokkien  
rintakehän liikkuvuutta. Poikittaisen vatsalihaksen heikkous alaselkäkipupoti-  
lailla varmistettiin ultraäänikuvauksella. Tuloksista kävi ilmi, että rintakehän  
liikelaajuus oli merkittävästi alentunut alaselkäkipupotilailla terveselkäisiin  
verrattuna. (Hides ym. 2005, 200.)

### **2.2.3 Psyykkisistä tekijöistä johtuva vajavuus**

Fyysisen rasituksen välttäminen ja passiivisuus aiheuttavat huonokuntoisuut-  
ta ja ylläpitävät selkävaivaa. Monet hoidosta johtuvat psyykkiset ja psy-  
kososiaaliset tekijät ylläpitävät todennäköisesti passiivisuutta selkävaivoista  
kärsivillä henkilöillä. Usein selkävaivoista kärsivä olettaa fyysisen rasituksen  
lisäävän kipua, vaikka kivun ja fyysisen aktiivisuuden välillä ei ole todettu  
olevan yhteyttä. Virheelliset olettamukset kuten pelko, stressi ja ahdistus ai-  
heuttavat passiivisuutta ja heikentävät fyysistä kuntoa. Stressi ja masentu-  
neisuus ennustavat kivun ilmaantumista, mutta pitkäaikainen kipu myös lisää  
stressiä ja masentuneisuutta. Psyykkiset oireet eivät liity oireiden kestoon,  
vaan siihen miten haittaavalta selkävaiva tuntuu. (Alaranta – Pohjolainen –  
Rissanen – Vaharanta 1997, 70; Kujala ym. 2005, 312.)

Selkävaiva ja kipu voi vaikuttaa motoriseen toimintaan suoraan, mutta mah-  
dollisesti siihen vaikuttavat myös stressi, pelko tai huomiota edellyttävät vaa-  
timukset. Kyky käsitellä tietoja on rajallinen ja mahdollisesti tämän vuoksi  
joudutaan tinkimään huomion kiinnittymisen ja liikesuorituksen välillä. Useat  
tutkimukset tukevat tätä väitettä. Aivojen kuvantamistutkimusten (Derbyshire  
jne. 1997), tilannekohtaisen cortexin kapasiteetin (Rosenfelt jne. 1992), kog-  
nitiivisten suoritustehtävien (Crombez jne. 1998, 1999: Eccleston ja Crom-  
bez 1999) ja edellä mainittujen menetelmien yhdistelmien (Lorenz ja Bromm

1997) perusteella on havaittu mittauksissa lisääntynyttä viivettä ja virheiden määrää kivun aikana. Tutkijat ovat todenneet alaselkäkivuista kärsivillä ihmisillä reaktioaikojen hidastumista, joka näkyy tutkimuksissa vartalon lihasten aktivaatiossa huomiota vaativien tehtävien suorituksissa (Moseley jne. 2001). Tässä tutkimuksessa testihenkilöt liikuttivat yläraajaa nopeasti saadessaan kuvallisen ärsykkeen ja suorittivat samanaikaisesti huomiota vaativaa tehtävää. Vaikka viivästymistä oli käden reaktioajassa, poikittainen vatsalihas (tranversus abdominis) ja syvä selänlihas (multifidus) aktivoituivat ennen hartialihasta (deltoideus). Alaselkävuuissa tämä on päinvastainen. Huomion vaatimus voi vaikuttaa liikkeen suorittamiseen, mutta ei selitä alaselkävuuissa havaittuja muutoksia globaaleissa ja paikallisissa lihaksissa. (Hides ym. 2005, 135.)

Mahdollisesti myös stressi ja kipu yhdessä muuttavat vartalolihasien kontrollia. Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että tieto mahdollisesta uhasta eli stressi vaikuttaa liikkeen hallintaan (Cale ja Jones 1997, Hunt ja Weinberg 1976, van Huygenvoort ja van Galen 2000). Vartalon lihasten aktiivisuuden on todettu muuttuvan nostotehtävän aikana stressaavassa tilanteessa. Testeissä on todettu, että syvien vartalonlihasten reaktio viivästyy kivussa, kun suoritetaan vaativaa tehtävää stressitilassa. Muutosta ei tapahdu vartaloa syvissä lihaksissa, jos tilanne on stressitön, eli stressillä on vaikutusta tilanteeseen. (Hides ym. 2005, 134.)

Lihasten kontrollin muutokset voivat myös liittyä pelkoon kivusta. Pelko kivusta ja vammautumisesta uudelleen estää paluun normaaleihin toimiin, mikä aiheuttaa toiminnan vajavuutta ja huonokuntoisuutta. Lihasktivaatioissa on todettu eroja ei-pelokkaiden ja pelokkaiden selkäkipupotilaiden välillä. Pelokkailla henkilöillä esiintyy suurempaa kestävyuden alenemista paraspinaalilihasissa eli selkärangan vieressä olevissa lihaksissa ja vartalon koukistuksen lopussa rentoutumista tapahtuu vähemmän kuin ei-pelokkailla henkilöillä ja terveillä. Kroonisista alaselkävuuista kärsivillä on todettu esiintyvän lisääntyneitä aktiviteettiä paraspinaalilihaksissa, kun heitä altistettiin henkilökohtaisille stressitekijöille, mutta ei yleisille stressitekijöille altistettaessa. Pelko ki-



vusta saattaa selittää poikittaisen vatsalihaksen aktivaation viivästymisen alaselkäkivuista kärsivillä, jotka ovat kivuttomia. (Hides ym. 2005, 134,135.)

#### **2.2.4 Syvän lihaskorsetin ongelmat selkävissa**

Poikittaisen vatsalihaksen ja selän multifidus-lihaksen toimintaa on tutkittu ultraäänilaitteella. Poikittaisessa vatsalihaksessa havaittu ongelma alaselkävissa on kykenemättömyys saada korsettitoiminta aikaan vatsan sisään-päin vedon aikana. Ongelmana on kykenemättömyys supistaa lihasta, supistamisen epäsymmetrisyys puolien välillä tai poikittaisen vatsalihaksen erilainen supistuminen, jolloin lihas supistuu ja paksuuntuu vastustaen vatsaontelon lisääntyvää sisäistä painetta. (Hides ym. 2005, 164.)

Korsettitoiminnan suorittamiskyvyn ongelma saattaa vaikuttaa SI-nivelten jäykkyyteen ja vähentää korsettitoiminnan avulla tapahtuvan nivelten puristuksen tekemää aistimusta. SI-nivelten jäykkyyden puute voi vaikuttaa kuormitusta kantavaan toimintaan lantiossa. Lisäksi voi kehittyä häiriö lantion kuormitusta ja asentoa kontrolloiviin lihaksiin. (Hides ym. 2005, 164,165.)

### **3 EMG:N KÄYTTÖ LIHASTUTKIMUKSESSA**

Biosignaaliilla tarkoitetaan biologisesta lähteestä mitattua suuretta, joka sisältää elävästä systeemistä peräisin olevaa tietoa. Biosignaalit ovat lääketieteellisiä aikasarjoja, joista käy ilmi ihmisen kehon toiminta. Biosignaalit voidaan luokitella fysikaalisen lähteen mukaan biosähköisiin, biomagneettisiin, bioakustisiin ja biomekaanisiin signaaleihin. (Karsikas 2009.)

EMG eli elektromyografia on biosähköinen signaali. Biosähkösignaalit syntyvät potentiaali muutoksista lihas- ja hermosolujen solukalvoilla. Sähkökenttä levittää signaalit myös kehon pinnalle, joten signaalien mittaaminen voidaan tehdä noninvasiivisesti eli kehon pinnalta pintaelektrodien avulla. Lisäksi mittauksia voidaan tehdä invasiivisesti eli lihaksen sisästä lihakseen laitettavan lanka- tai neulaelektrodin avulla. Invasiivista mittausta käytetään, jos lähellä olevat lihakset häiritsevät mittauksia. Lanka- tai neulaelektrodien käyttö vaatii koulutetun ammattilaisen. (Holappa 2008; Karsikas 2009.)

EMG-signaalin amplitudi on satunnainen eli stokastinen. Amplitudi voi vaihdella signaalissa pintaelektrodeilla 0,1–5 mV:n ja lankaelektrodeilla 0,1–10 mV:n välillä. Signaalin energia 0–500 Hz:n taajuusalueella, mutta pääsisältö energiasta on 50 ja 150 Hz:n välillä. (Elektrodityö – Oheismateriaali. EMG (elektromyogrammi, lihassähkökäyrä) 2002; Holappa 2008.)

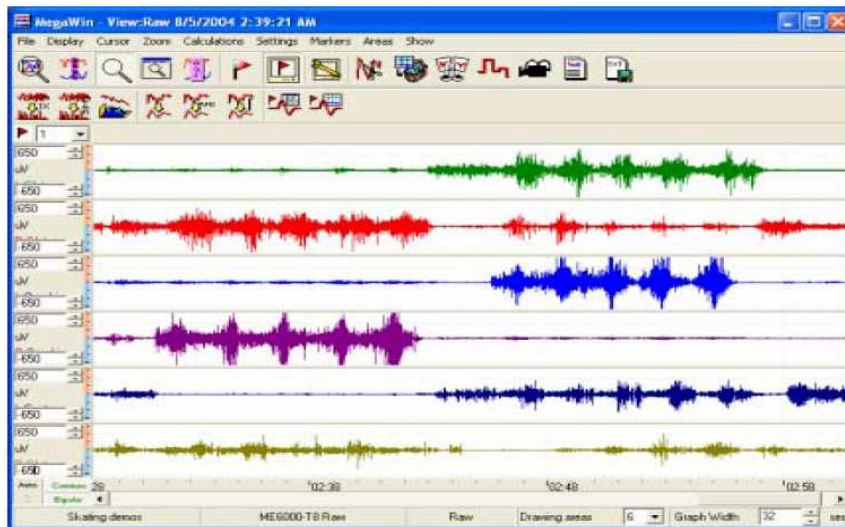
#### **3.1 EMG-mittaus**

EMG-mittauksella tarkoitetaan lihastoimintaan liittyvien sähköilmiöiden rekisteröintiä ja analysointia. EMG-mittaus kuvaa mitattavan lihaksen aktivoitumistasoa ja määrää sekä ajoitusta. EMG-mittaus on verrannollinen tuotettuun voimaan. Lihaksen aktivoitumistasoa perustana on motoristen yksiköiden aktivoituminen lihaksessa. Lihaskäytännön pystytään mittaamaan vaikuttaja- ja vastavaikuttajaliuksista sekä avustavista lihaksista dynaamisessa ja isometrisessä lihastyössä. Lisäksi EMG:n avulla pystytään tutkimaan lihasväsymistä, puolieroja ja aktivoitumisjärjestystä. EMG-signaalin

havaitsemiseen vaikuttavat useat eri tekijät, muun muassa rasvakudoksen määrä, lihaksen lämpötila ja lihaksen pituus ja poikkipinta-ala. (Holappa 2008; Karsikas 2009.)

Lihasten EMG-analysointi on biomekaaninen tutkimus. Ionien kulku lihas-säikeissä aiheuttaa sähkövirran ja saa aikaan lihassupistukseen. Siitä seuraa mitattavia muutoksia iholla. EMG-signaali ilmaisee aktiivisuustason ja sen, milloin aktivoituminen on tapahtunut lihaksessa. EMG-mittauksilla voidaan tutkia lihasten yhteistoimintaa. Lisäksi mittauksilla voidaan selvittää, onko aktiivisuustaso lihaksessa normaali tai tapahtuuko lihaksissa herkästi väsymystä. Mittaaminen tapahtuu haluttuihin lihaksiin laitettavien pinta-elektrodien avulla. Mittauksissa käytetään EKG-elektrodeja. Muodostuvia mikro- ja millivoltin kokoluokkaa olevia muutoksia mitataan EMG-laitteella. (Alaranta – Pohjolainen – Rissanen – Vaharanta 1997, 23,24; Borg 2010, 2.)

Opinnäytetyössä käytetyssä EMG-laitteessa on maksimissaan käytössä 16 kanavaa ja näin voidaan tutkia useiden lihaksen toimintaa samanaikaisesti (kuva 2). EMG-mittauksella saadaan selville, miten ja mitkä lihakset toimivat eri liikkeissä ja asennoissa. EMG-mittauslaitteistoon voidaan yhdistää myös sykkeen mittaus ja videokuva. Videokuvasta nähdään liikesuoritus sekä EMG-mittauksista tuleva lihasten aktivaatio samanaikaisesti. EMG:tä käytetään ergonomian ja urheilun toimintojen biomekaniikan tutkimiseen. Ensimmäisestään EMG-laite on tutkimusväline. (Alaranta – Pohjolainen – Rissanen – Vaharanta 1997, 23,24; Borg 2010, 2.)



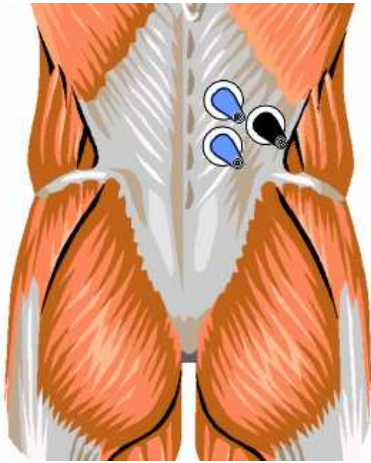
KUVA 2. Eri kanavista saadut EMG-signaalit MegaWin-ohjelmassa (Tolva-  
nen 2007, 5)

### 3.2 Pintaelektrodit

Tässä opinnäytetyössä oli käytössä hopea-hopeakloridi ( $\text{Ag}/\text{AgCl}$ )-pintaelektrodit. Elektrodi on yksikkö, jonka kautta mittaaminen tapahtuu lihaksesta. Elektrodi koostuu hopealevystä, joka on päällystetty hopeakloridi-geelikerroksella.  $\text{Ag}/\text{AgCl}$ -pintaelektrodit ovat elektrokemiallisesti vakaita, koska metallin ja geelin välillä ei tapahdu elektrolyyttireaktiota, ja tällöin polarisaatio ei voi pilata EMG-signaalia. Elektrodin ja ihon liittymäpinnan impedanssi riippuu ihmisen yksilöllisestä rakenteesta, valitusta ihoalueesta, ihoalueen puhtaudesta ja lämpötilasta sekä ajasta elektrodien asettelun ja mittaamisen välillä. Impedanssia voidaan vähentää poistamalla kuollutta ihosolua pyyhkimällä ihon pintaa denaturoidulla alkoholilla. (Holappa 2008.)

Opinnäytetyössä käytettiin pintaelektrodeita, jotka asetettiin bipolaarisesti. Bipolaarisessa asettelussa tutkittavaan lihakseen kiinnitetään kaksi elektrodia ja niiden potentiaali eroja verrataan referenssielektrodiin (kuva 3). Mitattavaan lihakseen asetettavat elektrodit sijoitetaan lihassyiden suuntaisesti, noin yhden senttimetrin etäisyydelle toisistaan. Referenssielektrodi kiinnitetään kudokseen, joka on sähköisesti neutraali, esimerkiksi lihakseen josta ei olla kiinnostuneita tai luun päälle. Saadut signaalit menevät differentiaalivah-

vistimeen. (Elektrodityö – Oheismateriaali. EMG (elektromyogrammi, lihas-sähkökäyrä) 2002; Holappa 2008.)



*KUVA 3. Bipolaarinen pintaelektrodien asettelu lihakseen (MegaWin 2.4)*

### 3.3 Signaalin vahvistaminen

Pintaelektrodit ovat yhteydessä differentiaalivahvistimeen kaapeleiden avulla. Signaalilla on kaksi mittauspistettä lihaksessa. Differentiaalivahvistimessa tapahtuu kahden signaalin mittaaminen ja niiden erojen vahvistaminen. Sisäantulojen ollessa yhtä suuret samassa vaiheessa olevat signaalit kumoavat toisensa ja eri vaiheissa olevat signaalit vahvistuvat. Kaukana mittauspisteestä tuleva näkyy normaalina signaalina, mutta läheltä mittauspistettä peräisin olevat signaalit ovat poikkeavia ja niitä vahvistetaan. Näin saadaan vahvistettua EMG-signaalit ja vaimennettua sähköverkon häiriöitä. Tarkkuus jolla differentiaalivahvistin pystyy signaaleja erottamaan, voidaan ilmaista CMRR:n eli yhteismuodon vaimennussuhteen avulla. Yhteismuotoiset signaalit tulevat ympäristössä olevista lähteistä, esimerkiksi voimalähteistä ja muista lihaksista, ja ilmenevät kummassakin elektrodissa. Differentiaalivahvistin poistaa paremmin yhteismuotoisia signaaleja, kun CMRR on suurempi. CMRR:n pitäisi olla suurempi kuin 80 dB, jotta se vaimentaisi häiriöitä. (Elektrodityö – Oheismateriaali. EMG (elektromyogrammi, lihassähkökäyrä) 2002; Holappa 2008.)

Signaalia täytyy vahvistaa, jotta häiriöitä saadaan minimoitua. Häiriö (noise) on ei-toivottu signaali. Häiriötä aiheuttavat tallennus- ja tiedonkeruulaitteiden elektroniikkakomponentit, elektromagneettinen säteily ulkoisista lähteistä, muun muassa sähköverkosta 50 Hz:n taajuudella, ja lähellä olevista lihaksista tulevat signaalit 0–20 Hz:n taajuudella. Ympäristöhäiriön amplitudi saattaa olla jopa kolminkertainen EMG-signaaliin verrattuna. Mittaukset tulisi suorittaa ympäristössä, jossa on vähän elektromagneettista säteilyä. Vahvistetun signaalin laatu saadaan mitattua signaali-kohinasuhde suhdeluvun avulla. Mitä suurempi suhdeluvun arvo on, sitä paremmin se pystyy poistamaan häiriötekijöitä. Esivahvistin sijaitsee aktiivielektrodeissa lähellä elektrodeja ja näin pienentää häiriötekijöiden mahdollisuutta, koska kulkumatka johdossa on lyhyt. (Elektrodityö – Oheismateriaali. EMG (elektromyogrammi, lihassähkökäyrä) 2002; Holappa 2008.)

### **3.4 Lihasten väsyminen**

Lihaksen väsyminen ilmenee mm. lisääntyneenä ponnisteluna pidettäessä tiettyä voimatasoa yllä, kipuna tai epämiellyttävänä tunteena lihasaktiivisuuden yhteydessä ja voimantuoton huomattavana alentumisena. Lihasväsymisessä voimantuottonopeus ja maksimivoimantuotto lihaksessa laskevat, supistumisnopeus lihaksessa vähenee ja reaktioaika lihaksessa pitenee. Väsymisessä hermotus lihaksessa muuttuu niin, että syttymisfrekvenssi motorisessa yksikössä laskee matalammille taajuuksille. (Liimatainen 1997, 17, 20.)

Lihasväsymisessä EMG-signaalin muuttuminen riippuu tehosta, jolla lihasta supistetaan. Jos lihasta supistetaan submaksimaalisesti eli täydellä teholla ja ylläpidetään supistusta mahdollisimman pitkään, tällöin EMG:n amplitudinoussee supistuksen jatkuessa siihen asti, kunnes supistamisen ylläpitäminen ei enää onnistu. Maksimaalisessa suorituksessa, jossa on käytössä 100 % teho alusta alkaen, voima ja EMG alkavat vähentyä samalla tavalla suorituksen alusta asti. (Liimatainen 1997, 22.)

Lihäsväsymisen aikana motorisen yksikön sähköisen varauksen eli aktiopotentialin amplitudi kasvaa ja keätoaika pitenee. Väsymisen aikana aktiopotentialien määrä nousee supistuksen lopussa. Motorisen yksikön tehotiheysspektri laskee alemmille taajuuksille. Laskeminen on lähes lineaarista väsymisen seurauksena ajan suhteen mitattuna. (Liimatainen 1997, 23.)

## 4 TUTKIMUSONGELMAT

Opinnäytetyön tarkoituksena oli eri mittausasentojen ja erilaisten koehenkilöiden avulla löytää asento, jolla voitaisiin kehittää vatsalihasten väsymistä mittaava testi, joka soveltuisi erikuntoisten ja eri-ikäisten ihmisten testaamiseen.

Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää seuraavat kysymykset:

Miten väsyminen ja kestävyys näkyivät valituissa testausasennoissa, eri henkilöillä?

Näkyivätkö selkävaivat saaduissa tuloksissa?

Koehenkilöiden vatsalihaksia mitattiin kolmessa eri asennossa. Tarkoituksena oli eri asennoissa mitata eri vatsalihasten väsymistä ja kestävyyttä. Eri asentojen mittauksien välillä pidettiin taukoa 5 minuuttia, jotta vatsalihakset ehtivät vähän rentoutua ennen seuraavaa liikettä. Poikittaiset vatsalihakset ja sisemmät vinot vatsalihakset mitattiin samoilla elektrodeilla, koska niiden sijainti oli päällekkäinen.

Mittauksesta saaduille tuloksille tehtiin tilastollisia analyysejä, joiden avulla verrattiin saatuja tuloksia keskenään. Lisäksi analyysin avulla verrattiin terveysikäisten ja selkävaivaisten tuloksia. Saaduista tuloksista laadittiin taulukoita.



## 5 TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

### 5.1 Koehenkilöt

Mittauksissa oli mukana kahdeksan koehenkilöä. Kolme oli iältään 50–60 vuotta, kaksi naista ja yksi mies, joista miehellä esiintyi selkävaivoja. Neljä koehenkilöistä oli iältään 20–30 vuotta, kolme naista ja yksi mies, joista kahdella naisella ja miehellä esiintyi selkävaivoja. Lisäksi mittauksissa oli mukana yksi 13-vuotias poika. Koehenkilöt olivat ikäänsä nähden normaalikuntaisia tai urheilullisia. Koehenkilöistä viisi oli normaalipainoisia BMI (Body Mass Index = painoindeksi) 20–25, kaksi lievästi ylipainoisia BMI 26–30 ja yksi vaikeasti ylipainoinen BMI 36–40 (Painoindeksitaulukko 2010). Koehenkilöt täyttivät ennen mittauksia esitietolomakkeen, joka löytyy liitteestä 1.

### 5.2 Mittausasennot

Ensimmäisessä mittausasennossa koehenkilö seiso i seinää vasten niin, että lapaluut ja pakarat koskettivat seinää (kuva 4). Kantapäät olivat seinästä irti 5–10 cm. Kädet olivat lantiolla. Koehenkilö veti napaa kohti selkärankaa niin kauan kun jaksoi, mutta ei yli viittä minuuttia. Tässä mittausasennossa maksimiaika oli suurempi kuin muissa, koska tässä asennossa väsymistä tapahtui hitaammin. Mittausasennon tavoitteena oli mitata syvien vatsalihasten väsymistä, etenkin poikittaisia vatsalihaksia.



*KUVA 4. Mittausasento 1*

Toisessa mittausasennossa koehenkilö oli alustalla selin makuulla, polvet 90 asteen koukussa. Koehenkilö nousi hitaasti ja tasaisesti pyöristäen selkä niin pitkälle ylös, että kädet ylettyivät polvien tasolle. Jalkapohjat olivat alustassa kiinni koko ajan (kuva 5). Koehenkilö oli tässä asennossa niin kauan kuin jaksoi, kuitenkin maksimissaan 2 minuuttia. Tämän mittausasennon tavoitteena oli vaikuttaa pääasiassa suoraan vatsalihakseen ja ulompiin vinoihin vatsalihaksiin. (Delavier 2003, 111.)



*KUVA 5. Mittausasento 2*

Kolmannessa mittausasennossa koehenkilö oli aluksi vatsallaan, minkä jälkeen vartaloa nostettiin suorana ylös edestä kyynärpäiden varaan ja takaa polvien varaan (kuva 6). Selkä oli suorassa ja vatsaa vedettiin kohti napaa. Asentoa testattiin myös niin, että koehenkilö oli muuten samassa asennossa, mutta polvet eivät olleet lattiassa vaan varpaat tukivat lattiaan. Tässä asennossa koehenkilö joutui korjailemaan asentoa useasti, joten päädyttiin asentoon, jossa polvet ovat lattiassa. Tällöin asento pysyi parempana ja vaikutti enemmän vatsalihaksiin ja eikä rasittanut selkää. Koehenkilö oli tässä asennossa niin kauan kun jaksoi, kuitenkin maksimissaan 2 minuuttia. Tämän mittausasennon tarkoituksena oli mitata kaikkien vatsalihasten toimintaa.



*KUVA 6. Mittausasento 3*

### **5.3 Mittaukset**

Mittaukset suoritettiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön tiloissa. Testausasunnoista yksi suoritettiin seisoen ja kaksi muuta makuultaan jumppamatjan päällä lattialla. Yhdelle koehenkilölle kerrallaan suoritettiin mittaukset niin, että jokaisen testausasennossa välissä pidettiin noin viiden minuutin tauko, jotta vatsalihakset ehtivät rentoutua vähän. EMG-mittaukset suoritettiin Mega Electronics Ltd:n ME6000-mittalaitteella (kuva 7), josta käytössä oli kuusi mittauskanavaa. Mittaustapa oli pintaelektrodimittaus.



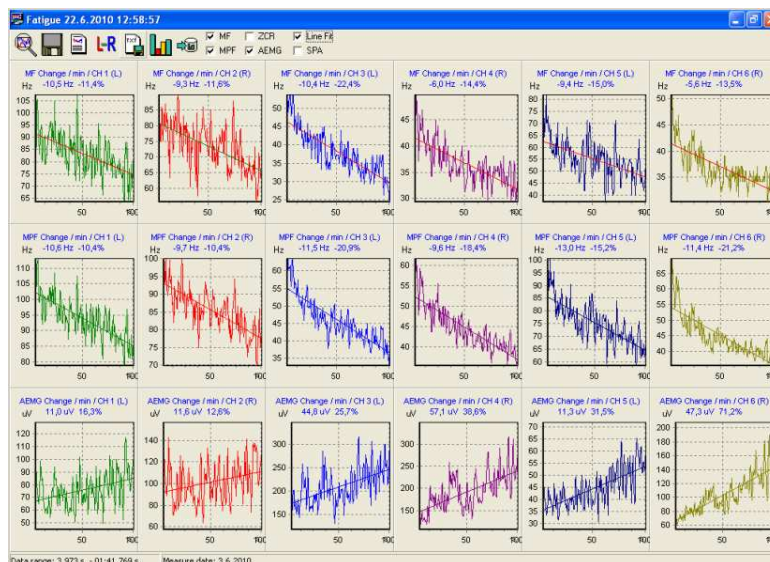
*KUVA 7. EMG-signaalin mittaamiseen käytetty ME6000-mittalaite ja mittaus-elektrodeja (HierojaEMG. 2010)*

Mittauksissa käytettiin Ambu Blue Sensor -merkkisiä hopea-hopeakloridielektrodeja. Mittauselektrodit asetettiin mitattaviin lihaksiin pareittain noin yhden senttimetrin etäisyydelle toisistaan molemmille puolille vartaloa samaan kohtaan. Suoraan vatsalihakseen elektrodit asetettiin navan yläpuolelle. Sisemmät vinot vatsalihakset ja poikittaiset vatsalihakset mitattiin samoilla elektrodeilla, mutta eri liikkeillä, koska ne sijaitsivat päällekkäin. Referenssielektrodit asetettiin ulomman vinon vatsalihaksen ja suoran vatsalihaksen mittauksessa kylkiluiden päälle ja sisemmän vinon vatsalihaksen ja poikittaisen vatsalihaksen mittauksissa lonkkaluun päälle. Elektrodeja asetettiin koehenkilöön yhteensä kahdeksantoista kappaletta.

## **5.4 Analysointi**

Mittalaite kytkettiin kannettavaan tietokoneeseen, johon mittau tulokset tallennettiin MegaWin 2.4 -ohjelman avulla. Ohjelmaan mittauksia varten oli luotu mittausprotokolla jokaiselle koehenkilölle. Mittauksissa kerättävä EMG-signaali oli raakadataa, jossa näytteenottotaajuus oli 1000 Hz. Mittausprotokollassa näkyivät kaikkien mitattavien lihasten EMG-signaalit.

Datan analyysissä poistettiin alusta signaalia, jossa esiintyi epätasaisuutta koehenkilön vielä etsiessään oikeaa asentoa. Samoin lopusta jätettiin signaalia pois koehenkilön alkaessa lopettaa. EMG-raakadataa analysointiin MegaWin 2.4 -ohjelmassa frekvenssimuuttujien avulla (liite 2). Frekvenssimuuttujista valittiin tarkastelun kohteeksi MF (Median Frequency) eli keskiarvotaajuus, MPF (Mean Power Frequency) eli keskimääräinen taajuus ja AEMG (Average EMG) eli keskimääräinen EMG (kuva 8). Näiden muuttujien avulla pystyttiin selvittämään lihaksen väsymistä. MF puolitti teho- tiheysspektrin voiman suhteen kahteen samansuuruiseen osaan. MPF oli frekvenssin amplitudi ja arvo, joka sijaitsi spektrin painopisteessä. Väsyminen siirsi taajuuksia MF:ssä ja MPF:ssä alemmille tasoille. (Liimatainen 1997, 10; Moilanen 2008, 11.)



**KUVA 8.** Vatsalihaksista saatua EMG-dataa, jota on analysoitu frekvenssimuuttujien MF, MPF ja AEMG avulla

Verrattaessa EMG-signaalia toisiin mittauksiin käytettiin keskiarvoistamista suhteessa aikaan. Integraaliarvot EMG-signaalissa jaettiin ajan suhteen, jonka jälkeen keskiarvostetut tulokset voitiin ilmoittaa AEMG-arvoina. Tällä toiminnalla saatiin aikaan keskiarvollinen tulos, jossa EMG-signaalin vaihte- lut eivät vaikuttaneet yhtä paljon kuin analysoitaessa suoraan raaka- EMG:stä. (Vrt. Karjalainen 2004, 17.) AEMG kasvoi väsymisen seurauksena.

MegaWin-ohjelmasta saaduista tiedoista tehtiin Excel-tiedostoja, joiden avulla tuloksia tutkittiin tarkemmin. Koehenkilöiden tuloksista laskettiin muutosprosentit niin, että mittauksen loppuarvo vähennettiin alkuarvosta ja jaettiin alkuarvolla. Saatu tulos kerrottiin sadalla. Tämän avulla saatiin selville, miten paljon on tapahtunut muutosta mittauksen alun ja lopun välillä, ja koehenkilöiden tuloksia voitiin verrata keskenään. Terveelkäisten ja selkävaivaisten tulosten vertailuun käytettiin kahden otoksen t-testiä, jossa olivat erisuuret varianssit. Terveelkäisten ja selkävaivaisten alku- ja loppuarvojen vertailuun käytettiin parittaista t-testiä, jossa havaintoparit olivat riippuvaisia toisistaan (Keskiarvotestejä 2010.) T-testin avulla pystyttiin määrittelemään onko tulosten välillä tilastollisia eroja. Merkitsevyyden rajaksi asetettiin  $P < 0,05$  (taulukko 1). Tuloksista laadittiin Excel-tilukkoita havainnollistamaan saatuja tuloksia.

*TAULUKKO 1. Tilastollisen testauksen p-arvojen merkitsevyys rajat (Tilastollisen tutkimuksen peruskäsitteet ja menetelmät. 2010)*

Tilastollisen testauksen p-arvojen rajat	
$p < 0,1$	Tilastollisesti suuntaa antava
$p < 0,05$	Tilastollisesti melkein merkitsevä (Yleisin merkitsevyyden raja)
$p < 0,01$	Tilastollisesti merkitsevä
$p < 0,001$	Tilastollisesti erittäin merkitsevä

## 6 TULOKSET

Mittauksessa tutkittavia lihaksia olivat suorat vatsalihakset, ulommat vinot vatsalihakset, sisemmät vinot vatsalihakset ja poikittaiset vatsalihakset. Poikittaisia vatsalihaksia tutkittiin vain mittausasento 1:ssä ja sisempiä vinoja vatsalihaksia mittausasento 2:ssa ja 3:ssa. Vatsalihaksista tutkittavia arvoja molemmilta puolilta vartaloa olivat frekvenssimuuttujat: keskiarvotaajuus (MF), keskimääräinen taajuus (MPF) ja keskimääräinen EMG (AEMG). Yhdeltä koehenkilöltä kertyi yhdessä mittausasennossa yhteensä kahdeksantoista eri arvoa, joista laskettiin keskiarvo vasemman ja oikean puolen välille.

Tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että mittausasento 2:ssa näkyi parhaiten väsyminen kaikissa mitatuissa vatsalihaksissa. Muutokset olivat selviä ja muutosprosentit mittauksen aikana olivat 16,4–43,6 %. Mittausasento 1:ssä muutosprosentit olivat 0,6–19,7 % ja mittausasento 3:ssa 6,4–10,2 %.

Tutkimuksessa havaittiin tuloksissa eroja terveselkäisten ja selkävaivaisten välillä mittausasunnoissa 2 ja 3. Mittausasento 1:ssä ei havaittu tilastollisesti poikkeavia eroja. Ulommissa vinoissa vatsalihaksissa mittausasento 2:ssa terveselkäisten ja selkävaivaisten tuloksia vertailtaessa todettiin merkittävää tilastollista poikkeamaa MF:ssä ja melkein merkittävää poikkeamaa MPF:ssä mittauksen alussa. Suorissa vatsalihaksissa mittausasento 3:ssa terveselkäisten ja selkävaivaisten tuloksia vertailtaessa MPF:t mittauksen alussa ja lopussa poikkesivat tilastollisesti melkein merkitsevästi.

Mittausasento 2:ssa suorissa vatsalihaksissa todettiin selkävaivaisilla tilastollisesti melkein merkitseviä eroja MF:ssä tutkittaessa alku- ja loppuarvoja. Ulommissa vinoissa vatsalihaksissa terveselkäisillä ja selkävaivaisilla todettiin tilastollisesti merkitsevästi poikkeavia eroja MPF:ssä ja tilastollisesti melkein merkitsevästi poikkeavia eroja MF:ssä selkävaivaisilla tutkittaessa alku- ja loppuarvoja. Sisemmissä vinoissa vatsalihaksissa todettiin selkävaivaisilla tilastollisesti melkein merkitseviä eroja MPF:ssä tutkittaessa alku- ja loppuarvoja.

## 6.1 Mittausasento 1

MF eli keskiarvotaajuuden ja MPF eli keskimääräinen taajuuden muutokset olivat vähäisiä suorissa vatsalihaksissa. Tulosten perusteella voitiin todeta, että mittausasento 1:ssä suorissa vatsalihaksissa ei näkynyt väsymistä selkeästi kenelläkään koehenkilöistä niin, että MF ja MPF olisivat laskeneet ja AEMG olisi noussut (taulukko 2). AEMG-tuloksia ei saatu kahdelta koehenkilöltä suorista vatsalihaksista. Keskimäärin MF nousi 1,3 %, MPF laski 0,6 % ja AEMG laski 1,8 % kaikkien koehenkilöiden tuloksissa. Terveelkäisten ja selkävaivaisten tuloksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja suorissa vatsalihaksissa (taulukko 3 ja 4).

Väsymistä näkyi ulommissa vinoissa vatsalihaksissa kolmella koehenkilöistä (koehenkilö 2, 3 ja 5) (taulukko 2) tarkasteltaessa MF:n ja MPF:n tuloksia, mutta AEMG:ssä väsyminen ei näkynyt kenelläkään kolmesta koehenkilöstä. Muilla koehenkilöillä MF:ssä ja MPF:ssä taajuudet nousivat molemmissa tai laskivat toisessa. Selkeästi ei voitu todeta, näkyykö väsyminen tuloksissa. Keskimäärin MF laski 4,5 %, MPF laski 2,2 % ja AEMG laski 19,7 % kaikkien koehenkilöiden tuloksissa. Terveelkäisten ja selkävaivaisten tuloksia verrattaessa ulommissa vinoissa vatsalihaksissa MF ja MPF alussa olivat tilastollisesti suuntaa antavia MF:ssä  $p = 0,07$  ja MPF:ssä  $p = 0,1$  (taulukko 3). Selkävaivaisilla havaittiin MF:ssä verrattaessa alkua- ja loppuarvoja tilastollisesti suuntaa antava tulos  $p = 0,08$  (taulukko 4). Terveelkäisten ja selkävaivaisten tuloksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja.

Väsyminen näkyi poikittaisissa vatsalihaksissa selkeästi neljällä koehenkilöistä (koehenkilö 1, 2, 5 ja 7) (taulukko 2), ja kahdella koehenkilöistä (koehenkilö 3 ja 6) taajuudet laskivat MF:ssä ja MPF:ssä, mutta AEMG ei noussut vaan laski. Poikittaisissa vatsalihaksissa näkyi selvimmin väsyminen mittausasento 1:ssä, jossa tarkoitus oli mitata poikittaisen vatsalihaksen väsymistä. Keskimäärin MF laski 3,2 %, MPF laski 3,3 % ja AEMG nousi 3,1 % kaikkien koehenkilöiden tuloksissa. Terveelkäisten ja selkävaivaisten tuloksia verrattaessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja poikittaisissa vatsalihaksissa (taulukko 3 ja 4).



*TAULUKKO 2. Vatsalihasten lihasaktiivisuuden muutokset mittauksen aikana  
mittausasento 1:ssä*

	Suorat vatsalihakset			Ulommat vinot vatsalihakset			Poikittaiset vatsalihakset		
	MF (%)	MPF (%)	AEMG (%)	MF (%)	MPF (%)	AEMG (%)	MF (%)	MPF (%)	AEMG (%)
Koehenkilö1	-0,5	-2,9		0,1	-3,6	23,9	-9,1	-7,0	4,9
Koehenkilö2	0,3	-7,9	22,6	-22,9	-13,2	-11,2	-19,4	-10,6	11,4
Koehenkilö3	1,0	-5,0	-13,9	-15,2	-8,7	-20,3	-10,5	-7,6	-15,0
Koehenkilö4	9,3	20,0	5,1	1,7	6,5	33,5	7,9	5,7	12,9
Koehenkilö5	4,2	3,2	-24,9	-2,6	-3,1	-43,2	-3,6	-7,0	5,7
Koehenkilö6	-2,0	2,2		4,4	-5,8	2,8	-7,0	-7,3	-16,9
Koehenkilö7	2,6	1,7	21,6	14,6	15,6	18,6	-1,2	-2,8	53,3
Koehenkilö8	-2,0	-4,2	-4,0	8,4	8,0	7,9	46,3	9,5	-21,2
Kaikki	1,3	-0,6	-1,8	-4,5	-2,2	-19,7	-3,2	-3,3	3,1

*TAULUKKO 3. T-testin tulokset terveysikäisten ja selkävaivaisten tuloksien  
vertailuissa mittausasento 1:ssä*

Terveysikäiset vs. selkävaivaiset (p)				
	MF alussa	MF lopussa	MPF alussa	MPF lopussa
Suorat vatsalihakset	0,45	0,60	0,51	0,50
Ulommat vinot vatsalihakset	0,07	0,12	0,10	0,11
Poikittaiset vatsalihakset	0,38	0,40	0,46	0,48

*TAULUKKO 4. T-testin tulokset terveysikäisten ja selkävaivaisten alku ja  
loppuarvojen vertailussa mittausasento 1:ssä*

Alussa vs. lopussa	Terveysikäiset (p)		Selkävaivaiset (p)	
	MF	MPF	MF	MPF
Suorat vatsalihakset	0,68	0,46	0,15	0,93
Ulommat vinot vatsalihakset	0,08	0,76	0,19	0,38
Poikittaiset vatsalihakset	0,78	0,49	0,58	0,47

## 6.2 Mittausasento 2

Tulosten perusteella väsymistä tapahtui suorissa vatsalihaksissa mittausasento 2:ssa (taulukko 5). Koehenkilöistä neljällä (koehenkilö 1, 2, 3 ja 5) väsyminen näkyi tuloksissa kaikissa tutkituissa arvoissa: MF:ssä, MPF:ssä ja AEMG:ssä. Kahdella koehenkilöistä (koehenkilö 4 ja 6) kaikki tutkitut arvot laskivat, vaikka AEMG:n olisi pitänyt nousta väsymisen seurauksena. Kahdella koehenkilöistä (koehenkilö 7 ja 8) kaikki tutkitut arvot nousivat, MF:n ja MPF:n olisi pitänyt laskea väsymisen seurauksena. Keskimäärin MF laski 18,8 %, MPF laski 20,3 % ja AEMG nousi 16,4 % kaikkien koehenkilöiden tuloksissa. Terveelkäisten ja selkävaivaisten tuloksia verrattaessa MF poikkesi alussa tilastollisesti melkein merkitsevästi  $p = 0,05$  ja MPF alussa oli tilastollisesti suuntaa-antava  $p = 0,08$  (taulukko 6). Selkävaivaisilla alku- ja loppuarvojen tulokset MF:ssä ja MPF:ssä poikkesivat tilastollisesti melkein merkitsevästi MF:ssä  $p = 0,03$  ja MPF:ssä  $p = 0,02$  (taulukko 7).

Tulosten perusteella väsyminen näkyi ulommissa vinoissa vatsalihaksissa mittausasento 2:ssa (taulukko 5). MF ja MPF laski kaikilla koehenkilöillä ja AEMG nousi kaikilla muilla, paitsi koehenkilö 6:lla se laski mittauksen aikana. Keskimäärin MF laski 26,6 %, MPF laski 30,4 % ja AEMG nousi 43,6 % kaikkien koehenkilöiden tuloksissa. Väsyminen näkyi mittausasento 2:ssa parhaiten ulommissa vinoissa vatsalihaksissa. Terveelkäisten ja selkävaivaisten tuloksia vertailtaessa MF poikkesi alussa tilastollisesti merkitsevästi  $p = 0,01$  ja MPF poikkesi alussa tilastollisesti lähes merkitsevästi  $p = 0,02$  (taulukko 6). Terveelkäisillä alku- ja loppuarvojen tulos MF:ssä oli tilastollisesti suuntaa-antavat  $p = 0,08$  ja MPF:ssä tulokset poikkesi tilastollisesti merkitsevästi  $p = 0,008$  (taulukko 7). Selkävaivaisilla alku- ja loppuarvojen tulokset MF:ssä oli tilastollisesti melkein merkitsevä  $p = 0,02$  ja MPF:ssä tulokset poikkesi tilastollisesti merkitsevästi  $p = 0,002$  (taulukko 7).

Tulosten perusteella väsyminen näkyi sisemmissä vinoissa vatsalihaksissa lähes kaikilla koehenkilöillä (taulukko 5). MF ja MPF laski kaikilla muilla koehenkilöillä, paitsi koehenkilö 5 ja koehenkilö 7 MF nousi hieman (0,7 ja 2,8 %). AEMG:ssä kaikilla muilla koehenkilöillä arvot nousivat, paitsi koehenki-

löö:llä laski. Keskimäärin MF laski 19,9 %, MPF laski 23 % ja AEMG nousi 26,1 % kaikkien koehenkilöiden tuloksissa. Terve selkäisten ja selkävaivaisten tuloksia verrattaessa sisemmissä vinoissa vatsalihaksissa ei havaittu tilastollisesti poikkeavia eroja (taulukko 6). Selkävaivaisilla alku- ja loppuarvojen tulokset poikkesivat MPF:ssä tilastollisesti melkein merkitsevästi  $p = 0,05$  (taulukko 7).

*TAULUKKO 5. Vatsalihasten lihasaktiivisuuden muutokset mittauksen aikana mittausasento 2:ssa*

	Suorat vatsalihakset			Ulommat vinot vatsalihakset			Sisemmät vinot vatsalihakset		
	MF (%)	MPF (%)	AEMG (%)	MF (%)	MPF (%)	AEMG (%)	MF (%)	MPF (%)	AEMG (%)
Koehenkilö1	-14,6	-13,7	115,5	-27,4	-22,9	25,4	-28,6	-36,3	39,4
Koehenkilö2	-31,3	-26,3	8,1	-22,2	-40,1	56,1	-18,7	-23,6	29,4
Koehenkilö3	-18,5	-16,7	23,5	-30,0	-32,5	48,1	-22,9	-28,0	96,9
Koehenkilö4	-44,0	-43,9	-11,9	-53,3	-52,4	91,3	-49,5	-40,8	16,3
Koehenkilö5	-21,0	-26,4	30,6	-27,6	-30,0	5,9	2,8	-1,5	20,3
Koehenkilö6	-35,7	-33,9	-49,9	-24,5	-23,5	-63,5	-20,1	-13,7	-46,2
Koehenkilö7	33,1	7,1	41,9	-6,1	-11,1	15,3	0,7	-2,8	35,1
Koehenkilö8	66,3	5,0	67,1	-6,4	-20,0	78,3	-6,7	-19,0	81,5
Kaikki	-18,8	-20,3	16,4	-26,6	-30,4	43,6	-19,9	-23,0	26,1

*TAULUKKO 6. T-testin tulokset terveyselkäisten ja selkävaivaisten tuloksien vertailuissa mittausasento 2:ssa*

Terve selkäiset vs. selkävaivaiset (p)	MF alussa	MF lopussa	MPF alussa	MPF lopussa
Suorat vatsalihakset	0,05	0,23	0,08	0,42
Ulommat vinot vatsalihakset	0,01	0,33	0,02	0,60
Sisemmät vinot vatsalihakset	0,85	0,94	0,89	0,96

*TAULUKKO 7. T-testin tulokset terveselkäisten ja selkävaivaisten alku ja loppuarvojen vertailussa mittausasento 2:ssa*

<b>Alussa vs. lopussa</b>	<b>Terveselkäiset (p)</b>		<b>Selkävaivaaiset (p)</b>	
	<b>MF</b>	<b>MPF</b>	<b>MF</b>	<b>MPF</b>
Suorat vatsalihakset	0,92	0,40	0,03	0,02
Ulommat vinot vatsalihakset	0,08	0,008	0,02	0,002
Sisemmät vinot vatsalihakset	0,21	0,20	0,11	0,05

### 6.3 Mittausasento 3

Tulosten perusteella väsyminen suorissa vatsalihaksissa näkyi yhdellä koehenkilöllä (koehenkilö 2) kaikissa mitatuissa arvoissa (taulukko 8). Neljällä koehenkilöistä väsyminen näkyi MF:n ja MPF:n arvoissa (koehenkilö 1, 3, 6 ja 7), mutta AEMG-arvot laskivat mittauksen aikana. Kahdella koehenkilöistä (koehenkilö 4 ja 8) MF ja MPF nousivat mittauksen aikana. Koehenkilö 5:llä MF laski ja MPF nousi mittauksen aikana. Keskimäärin MF laski 9,3 %, MPF laski 6,4 % ja AEMG laski 8,5 % kaikkien koehenkilöiden tuloksissa. Terveselkäisten ja selkävaivaisten tuloksia vertailtaessa MPF alussa ja lopussa poikkesi tilastollisesti melkein merkitsevästi alussa  $p = 0,04$  ja lopussa  $p = 0,02$  (taulukko 9).

Tulosten perusteella väsyminen ulommissa vinoissa vatsalihaksissa näkyi neljällä koehenkilöistä (koehenkilö 1, 2, 4 ja 5) kaikissa mitatuissa arvoissa (taulukko 8). Koehenkilö 7:llä MF ja MPF laskivat ja AEMG laski myös, vaikka sen olisi pitänyt nousta mittauksen aikana. Koehenkilö 3:lla muutokset olivat vähäisiä, MF laski 2,8 %, MPF nousi 0,8 % ja AEMG nousi 2,9 % mittauksen aikana. Kahdella koehenkilöistä (koehenkilö 6 ja 8) MF ja MPF nousivat mittauksen aikana. Keskimäärin MF laski 6,5 %, MPF laski 8,8 % ja AEMG nousi 9,0 % kaikkien koehenkilöiden tuloksissa. Terveselkäisten ja selkävaivaisten tuloksia vertailtaessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ulommissa vinoissa vatsalihaksissa (taulukko 9 ja 10).

Tulosten perusteella väsyminen sisemmissä vinoissa vatsalihaksissa näkyi koehenkilöistä kahdella (koehenkilö 1 ja 2) kaikissa mitatuissa arvoissa (taulukko 8). Koehenkilöistä kolmella (koehenkilö 3, 4, ja 7) MF ja MPF laskivat, mutta AEMG laski, kun sen olisi pitänyt nousta väsymisen seurauksena. Kahdella koehenkilöistä (koehenkilö 5 ja 6) MF ja MPF laskivat ja koehenkilö 7:llä MF nousi ja MPF laski mittauksen aikana. Keskimäärin MF laski 8,8 %, MPF laski 10,2 % ja AEMG nousi 5,4 % kaikkien koehenkilöiden tuloksissa. Terve selkäisten ja selkävaivaisten tuloksia vertailtaessa MF alussa oli tilastollisesti suuntaa antava  $p = 0,1$ , eli tuloksissa ei näkynyt tilastollisesti merkitsevää eroa terve selkäisten ja selkävaivaisten välillä sisemmissä vinoissa vatsalihaksissa (taulukko 9 ja 10).

**TAULUKKO 8.** Vatsalihasten lihasaktiivisuuden muutokset mittauksen aikana mittausasento 3:ssa

	Suorat vatsalihakset			Ulommat vinot vatsalihakset			Sisemmät vinot vatsalihakset		
	MF (%)	MPF (%)	AEMG (%)	MF (%)	MPF (%)	AEMG (%)	MF (%)	MPF (%)	AEMG (%)
Koehenkilö1	-16,7	-13,5	-9,8	-14,5	-14,0	8,2	-9,5	-13,7	2,4
Koehenkilö2	-16,5	-11,0	6,4	-16,0	-28,6	52,6	-3,5	-2,3	7,8
Koehenkilö3	-7,5	-4,2	-8,9	-2,8	0,8	2,9	-14,5	-13,1	-8,4
Koehenkilö4	2,7	3,9	22,2	-18,7	-17,0	43,7	-35,9	-28,2	-6,0
Koehenkilö5	-0,7	5,0	-13,5	-0,7	-2,1	16,8	8,1	2,2	53,6
Koehenkilö6	-21,7	-2,9	-37,4	26,5	15,0	-15,0	13,9	1,1	-4,5
Koehenkilö7	-31,7	-32,9	-22,5	-20,2	-9,2	-33,3	-20,0	-5,7	-29,6
Koehenkilö8	40,8	19,3	-23,1	17,4	4,8	-0,9	10,3	-9,2	17,4
<b>Kaikki</b>	<b>-9,3</b>	<b>-6,4</b>	<b>-8,5</b>	<b>-6,5</b>	<b>-8,8</b>	<b>9,0</b>	<b>-8,8</b>	<b>-10,2</b>	<b>5,4</b>

**TAULUKKO 9.** T-testin tulokset terve selkäisten ja selkävaivaisten tuloksien vertailuissa mittausasento 3:ssa

Terve selkäiset vs. selkävaivaiset (p)	MF alussa	MF lopussa	MPF alussa	MPF lopussa
Suorat vatsalihakset	0,64	0,15	0,04	0,02
Ulommat vinot vatsalihakset	0,24	0,29	0,20	0,27
Sisemmät vinot vatsalihakset	0,10	0,26	0,12	0,12

*TAULUKKO 10. T-testin tulokset terveselkäisten ja selkävaivaisten alku ja loppuarvojen vertailussa mittausasento 3:ssa*

<b>Alussa vs. lopussa</b>	<b>Terveselkäiset (p)</b>		<b>Selkävaivaiset (p)</b>	
	<b>MF</b>	<b>MPF</b>	<b>MF</b>	<b>MPF</b>
Suorat vatsalihakset	0,31	0,66	0,64	0,53
Ulommat vinot vatsalihakset	0,82	0,64	0,13	0,19
Sisemmät vinot vatsalihakset	0,81	0,18	0,30	0,24

## 7 POHDINTAA

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin EMG:n (elektromyografian) avulla suoran vatsalihaksen, ulomman vinon vatsalihaksen, sisemmän vinon vatsalihaksen ja poikittaisen vatsalihaksen kestävyyttä ja väsymistä kolmessa eri mittausasennossa. Lisäksi työssä tutkittiin, onko terveselkäisten ja selkävaivaisen tuloksien välillä eroja. Teoriatietojen avulla selvitettiin vatsalihasten anatomi-aa, toimintaa ja merkitystä kehon toiminnassa. Lisäksi työssä käsiteltiin, mitä huono lihaskestävyys aiheuttaa ja mitä vajavuuksia selkävaivaisilla on ha-vaittu. Tarkoituksena oli eri mittausasentojen ja erilaisten koehenkilöiden avulla löytää asento, jolla voitaisiin kehittää vatsalihasten väsymistä mittaava testi, joka soveltuisi erikuntoisten ja eri-ikäisten ihmisten testaamiseen.

Tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että väsyminen näkyi parhaiten mittaus-asento 2:ssa, jossa koehenkilö oli selin makuulla, polvet 90 asteen koukussa ja kädet polvien päällä. Lähes kaikilla koehenkilöillä näkyi väsyminen tulok-sissa. Tutkimuksessa havaittiin tilastollisia eroja terveselkäisten ja selkävai-vaisten välillä mittausasento 2:ssa ja mittausasento 3:ssa.

Ulommissa vinoissa vatsalihaksissa mittausasento 2:ssa terveselkäisen ja selkävaivaisten tuloksia verrattaessa todettiin merkittävää tilastollista poik-keamaa MF:ssä (keskiarvotaajuudessa) ja tilastollisesti melkein merkittävää poikkeamaa MPF:ssä (keskimääräisessä taajuudessa) mittauksen alussa. Suorissa vatsalihaksissa todettiin mittausasento 3:ssa terveselkäisten ja sel-kävaivaisten tuloksissa MPF:ssä tilastollisesti melkein merkittävää poik-keamaa mittauksen alussa ja lopussa. Mittausasento 2:ssa suorissa vatsali-haksissa todettiin selkävaivaisilla tilastollisesti melkein merkitseviä eroja MF:ssä tutkittaessa alku- ja loppuarvoja. Ulommissa vinoissa vatsalihaksissa terveselkäisillä ja selkävaivaisilla todettiin tilastollisesti merkitsevästi poik-keavia eroja MPF:ssä ja tilastollisesti melkein merkitsevästi poikkeavia eroja MF:ssä. Sisemmissä vinoissa vatsalihaksissa todettiin selkävaivaisilla tilas-tollisesti melkein merkitseviä eroja MPF:ssä tutkittaessa alku- ja loppuarvoja.

Teoriatietojen perusteella selkävaivaisilla on poikittaisen vatsalihaksen aktiivisuudessa ongelmia, ja on osoitettu voiman ja kestävyyskyvyn alentumista vatsalihaksissa (katso s. 13). Mittauksissa poikittaista vatsalihasta pystyttiin mittaamaan vain mittausasento 1:ssä, ja siinä väsymistä näkyi kahdella selkävaivaisella ja kahdella terveysikäisellä, eli mitä ei voitu todeta selvästi selkävaivoista johtuvaksi. Tutkimuksessa kävi ilmi, että selkävaivaisten taajuuksien poikkeamat terveysikäisten tuloksista kahdessa mittausasennossa ulommissa vinoissa vatsalihaksissa ja suorissa vatsalihaksissa.

Mittausasento 1:ssä kaikki koehenkilöt pystyivät olemaan maksimiväsymyksen eli 5 minuuttia. Mittaasuasetento 2 tuotti hieman enemmän haastetta, jopa urheilulliselle henkilölle. Mittaasuasetento 2:een pääseminen tuotti ongelmia kahdelle vanhimmale koehenkilölle. Mittaasuasetento 2:ssa koehenkilöistä kolme oli maksimiväsymyksen eli 2 minuuttia asennossa. Mittaasuasetento 3 oli toiseksi raskain asento. Koehenkilöistä kuusi oli maksimiväsymyksen 2 minuuttia mittaasuasetento3:ssa. Kahdelle koehenkilölle tehtiin kaikki mittaukset uudelleen, koska ensimmäisellä kerralla tulokset eivät näkyneet lainkaan tai niissä esiintyi häiriötä. Kuitenkin joitain kohtia tuloksista jäi puuttumaan muutamalla koehenkilöistä. Muuten mittaukset sujuivat hyvin, koska laitteisto oli ennestään tuttu.

Koehenkilöt olivat eri-ikäisiä, erikokoisia ja -painoisia sekä eri sukupuolta. Luultavasti nämä seikat tekivät analysoinnista haasteellisen. Tuloksissa osalla koehenkilöistä oli korkeita arvoja ja osalla matalia samalla koehenkilöllä saattoi olla jossain toisessa mittaasuasetennossa päinvastoin tulokset. Etenkin mittaasuasetento 1:ssä ja 3:ssä esiintyi poikkeavuutta tuloksissa. Lisää haastetta analysointiin tuotti se, että vatsalihasten väsymisen määrittämisessä saattoi kolmesta tutkitusta arvosta kaksi näyttää, että väsymistä tapahtuu, mutta kolmas arvo näytti päinvastoin.

Kirjallisuudesta ei löytynyt vertailuarvoja lihasten EMG-mittausten taajuuksista ja eikä siitä, miten taajuus muuttuu lihaksen väsymisen seurauksena. Mahdollisesti painolla saattoi olla merkitystä taajuustasoon mittauksissa, sillä ylipainoisilla arvot olivat lähes jokaisessa vatsalihaksessa matalampia. Taa-



juuksissa tulleet poikkeamat saattoivat johtua myös elektrodien huonosta kontaktista lihakseen, etenkin mittausasennossa 3:ssa, jossa oltiin kyynärpäiden ja polvien varassa ja vatsa pääsi roikkumaan, vaikka kaikilla koehenkilöillä oli tiukka paita elektrodien ja mittausjohtojen päällä. Tuloksista olisi voinut saada paremmat, jos mahan ympärille olisi kiedottu sidettä, mutta se olisi voinut olla myös haitta mittausasento 2:ssa. Tutkimus olisi ollut helpompi suorittaa, jos kaikki koehenkilöt olisivat olleet lähes saman kuntoisia, ikäisiä ja painoisia. Näin olisi saatu tuloksia, joiden vertailu olisi helpompaa.

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen. Teoriatietojen etsiminen oli helppoa, koska aiheeseen löytyi hyvin tietoa. En ole osannut kuvitella, kuinka suuri merkitys vatsalihaksilla, etenkin syvillä vatsalihaksilla, on ihmisen kehon toiminnassa. Opin paljon uusia tietoja vatsalihasten toiminnasta ja siitä, mikä vaikutus vatsalihaksilla on selän toimintaan. Mittauksien analysointi oli kaikkein raskain työvaihe opinnäytetyön tekemisessä, koska tutkittavia arvoja oli niin paljon ja vaihtelevista tuloksista oli vaikea tehdä yhteenvetoja. Tuloksista kuitenkin kävi ilmi, että väsymistä tapahtui mittauksen aikana, etenkin mittausasento 2:ssa. Tavoitteena oli löytää mittausasento, jonka avulla pystyttäisiin kehittämään vatsalihasten väsymistä mittaava testi. Tämän työn perusteella mittausasento 2 näyttäisi soveltuvan testaukseen.

## LÄHTEET

Alaranta, Hannu – Pohjolainen, Timo – Rissanen, Paavo – Vanharanta, Heikki 1997. Fysiatría. 2., uudistettu painos. Helsinki: Duodecim.

Blue Fitness – 8. Vatsalihastreeni. 2010. Saatavissa: <http://www.bluefit.com/page2082.html>. Hakupäivä 8.6.2010.

Borg, Frank 2010. EMG – ikkuna lihasten toimintaan. Saatavissa: [http://www.chydenius.fi/uc/uc1\\_2010](http://www.chydenius.fi/uc/uc1_2010). Hakupäivä 11.5.2010.

Delavier, Frederic 2003. Lihaskuntoharjoittelun anatomia. Suom. Westerbäck, Stefan. Lahti: VK-Kustannus Oy

Dillman, Erika 2004. Vatsajumppaa. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Elektrodityö – oheismateriaali. 2002. Saatavissa: <http://sel18.hut.fi/302/Elektrodi/om2.htm>. Hakupäivä 24.5.2010.

eMotion EMG: Low back test. 2010. Saatavissa: <http://www.meltd.fi/index.jsp?pid=183>. Hakupäivä 31.8.2010.

Haukatsalo, Kim 1998. Selkäsairaudet. Jyväskylä: Gummerus.

Hervonen, Antti 2004. Tuki- ja liikuntaelimistön anatomia. 7., uudistettu painos. Tampere: Lääketieteellinen oppimateriaalikustantamo Oy.

Hides, Julie – Hodges, Paul – Richardson Carolyn 2005. Terapeuttinen harjoittelu ja keskivartalon hallinta. Suom. Honkala, Petri – Honkala, Sini. Jyväskylä: VK-Kustannus Oy.

HierojaEMG 2010. Saatavissa: <http://hyvinvointiteknologia.oamk.fi/projektit/hierojaEMG/>. Hakupäivä 29.7.2010.

Holappa, Terhi 2009. T291004 Lääketieteelliset mittauslaitteet 6 op. Opintojakson opintomateriaali keväällä 2009. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Kapandji, I.A. 1997. Kinesiologia 3. Selkärangan, rintakehän ja lantion nivelten toiminta. Laukaa: Medirehab kirjakustannus.

Karjalainen, Aki 2004. Hyvä- ja huonokuntoisten lihasaktiivisuus submaksimaalisen juoksun aikana. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos. Pro gradu -tutkielma. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/7212/G0000587.pdf?sequence=1>. Hakupäivä 15.7.2010.

Karsikas, Mari 2009. T272003 Fysiologisten signaalien käsittely 3 op. Opintojakson opintomateriaali keväällä 2009. Oulu: Oulun yliopisto, sähkö- ja tietotekniikan osasto.

Keskiarvotestejä. 2010. Saatavissa: [http://www.uku.fi/~mauranen/bis/bis7\\_doc.htm](http://www.uku.fi/~mauranen/bis/bis7_doc.htm). Hakupäivä 20.8.2010

Kujala, Urho – Taimela, Simo – Vuori, Ilkka 2005. Liikuntalääketiede. 3., uudistettu painos. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Liimatainen, Esa 1997. Venymis-lyhenemissyklustyyppinen lihasväsymys: EMG:n ja EMG/voima-suhteen muuttuminen. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos. Pro gradu -tutkielma. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/13576/153.pdf?sequence=1>. Hakupäivä 15.7.2010.

Lindgren, Karl-August 2005. Tules Tuki- ja liikuntaelinsairaudet. Helsinki: Duodecim.

Nokelainen, Petri 2010. Tilastollisen tutkimuksen peruskäsitteet ja menetelmät. Saatavissa: [www.uta.fi/aktkk/KASOS2/luennot/luento2.ppt](http://www.uta.fi/aktkk/KASOS2/luennot/luento2.ppt). Hakupäivä 18.8.2010.

Painoindeksitaulukko 2010. Saatavissa:

[http://www.coronaria.fi/www/poliklinikka/pdf\\_lomakkeet\\_2006/painoindeksitaulukko.pdf](http://www.coronaria.fi/www/poliklinikka/pdf_lomakkeet_2006/painoindeksitaulukko.pdf). Hakupäivä 15.7.2010.

Selkäklinikka 2010. Saatavissa: <http://www.selkaklinikka.com>. Hakupäivä 12.5.2010.

Sharp, Elizabeth 1996. Vahvista selkääsi. Suom. Ruoppala-Martensen, Marketta. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Tolvanen, Pekka 2007. Langaton mittalaite Mega Elektronikka Oy. Saatavissa: [http://centek-kesakoulu2007.savonia-amk.fi/materiaali/tolvanen/Megan\\_langaton\\_mittalaite-case-Centek-kesakoulu.pdf](http://centek-kesakoulu2007.savonia-amk.fi/materiaali/tolvanen/Megan_langaton_mittalaite-case-Centek-kesakoulu.pdf) . Hakupäivä 4.8.2010.

## Esitietolomake

Nimi: \_\_\_\_\_

Koehenkilö nro: \_\_\_\_\_

Ikä: \_\_\_\_\_

Pvm: \_\_\_\_\_

Pituus: \_\_\_\_\_ Paino: \_\_\_\_\_

Harrastukset:

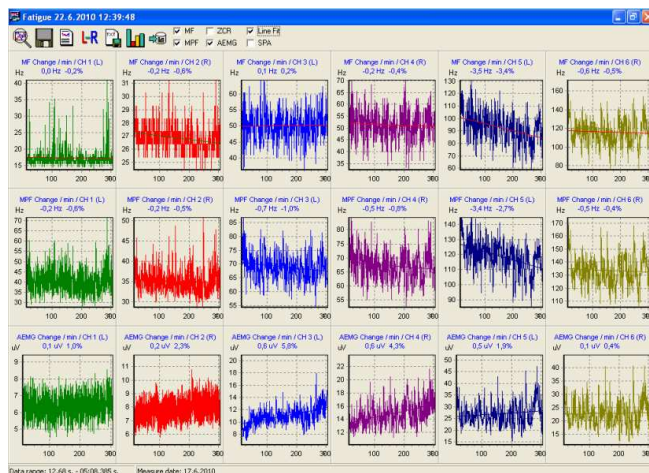
---

---

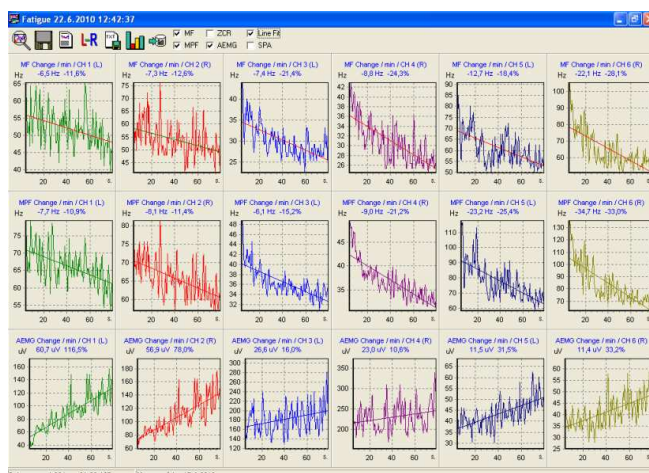
Onko selkävaivoja?(k/e) \_\_\_\_\_

# MITTAUSTULOKSET FREKVENSSIANALYYSIN JÄLKEEN Koehenkilö1

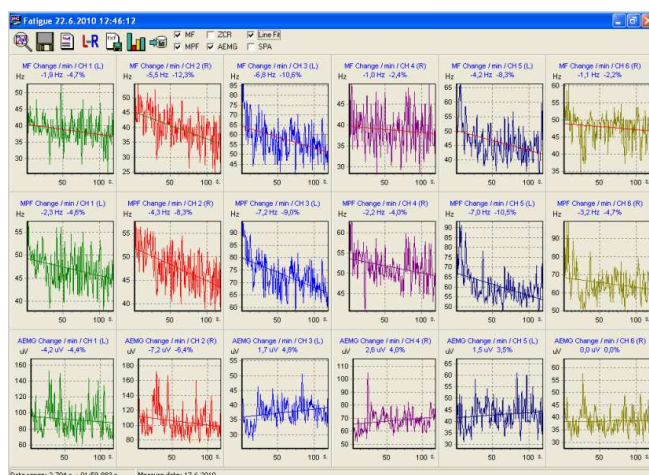
LIITE 2/1



Mittausasento1

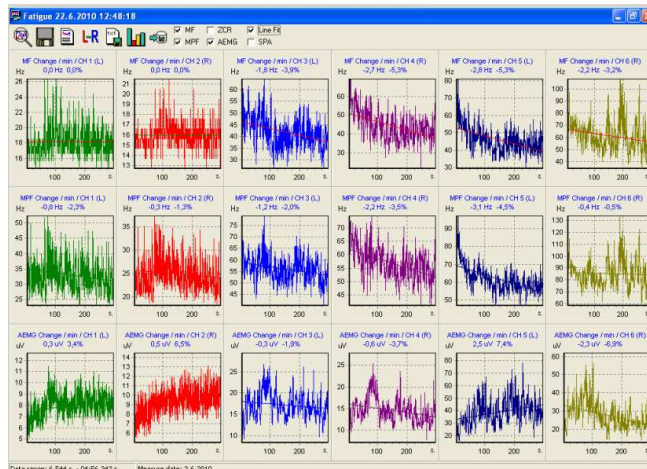


Mittausasento2

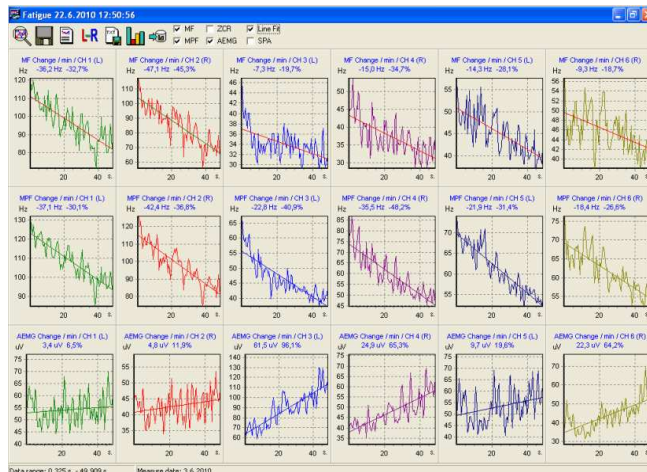


Mittausasento3

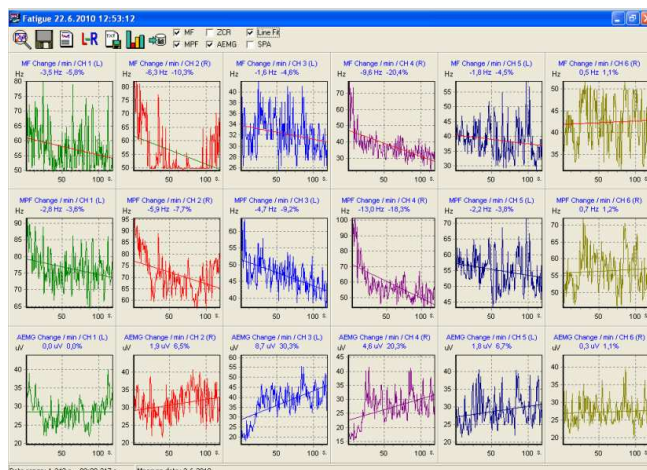
## Koehenkilö2



## Mittausasento1



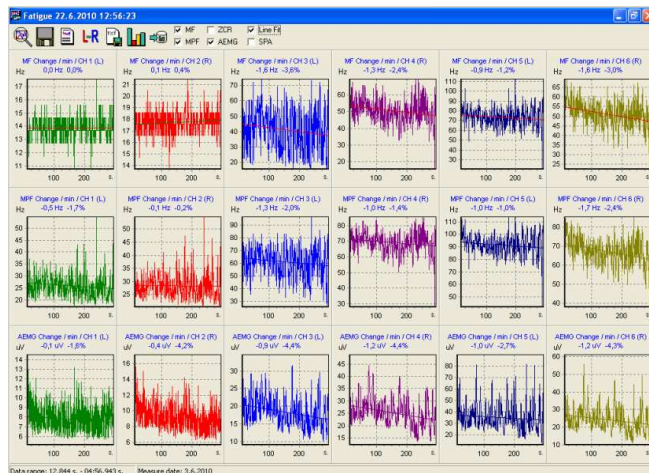
## Mittausasento2



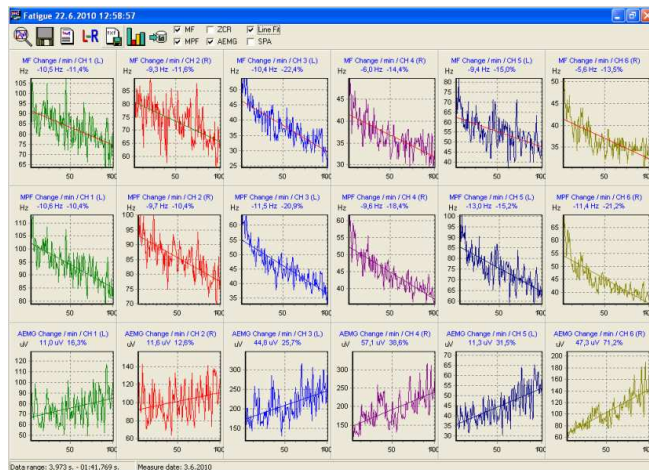
## Mittausasento3



## Koehenkilö3



## Mittausasento1



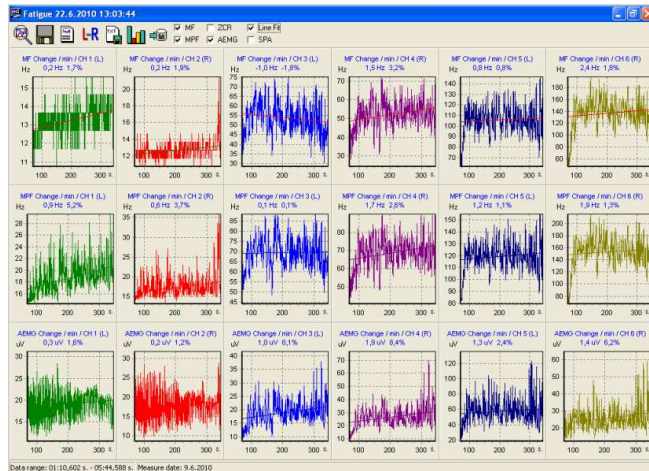
## Mittausasento2



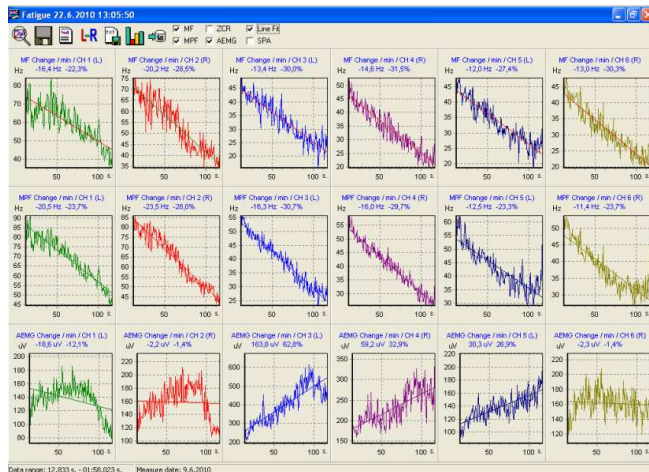
## Mittausasento3



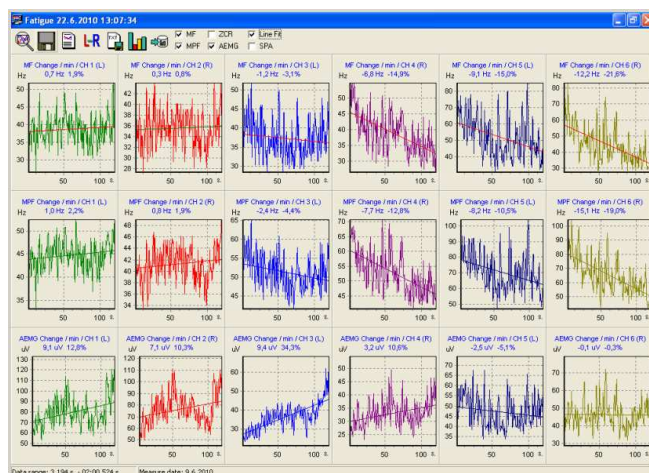
## Koehenkilö4



## Mittausasento1

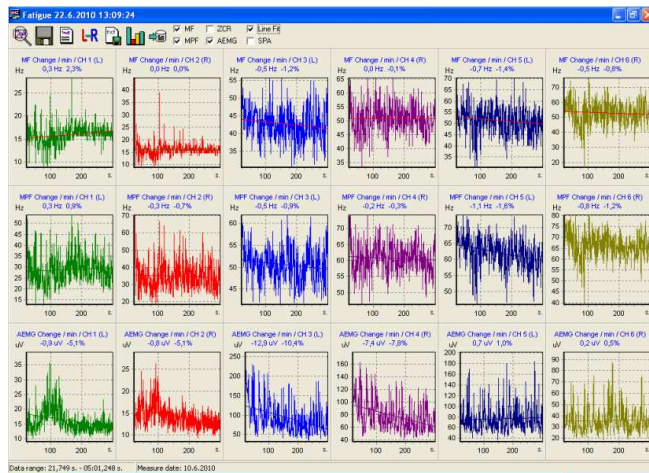


## Mittausasento2

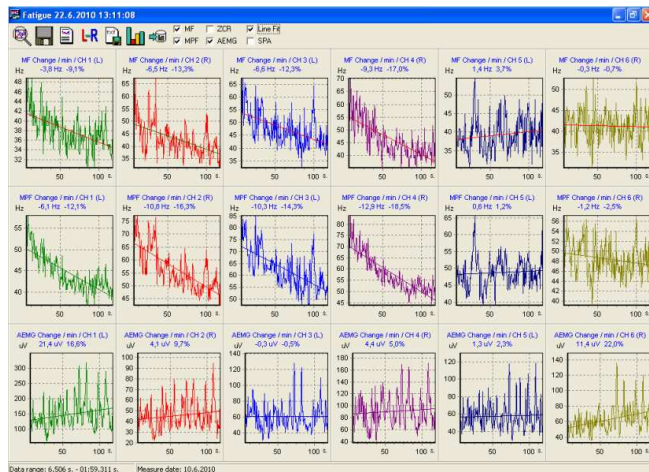


## Mittausasento3

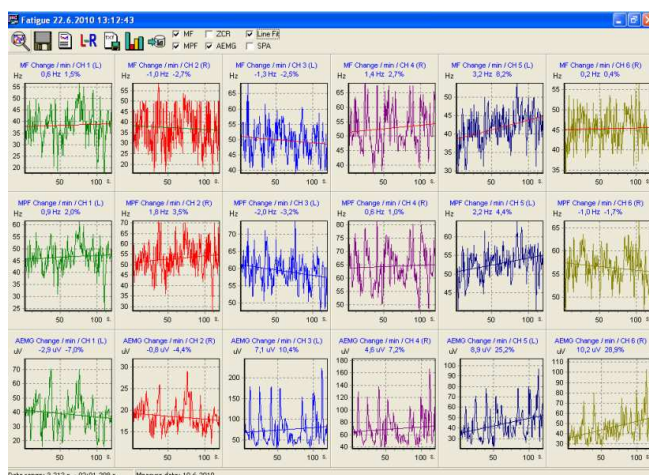
## Koehenkilö5



## Mittausasento1



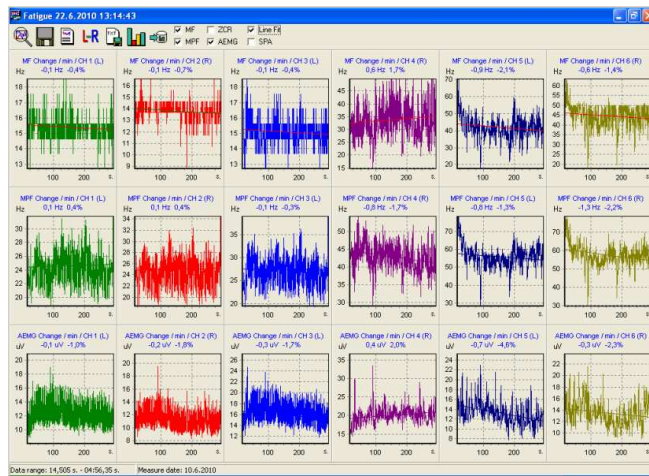
## Mittausasento2



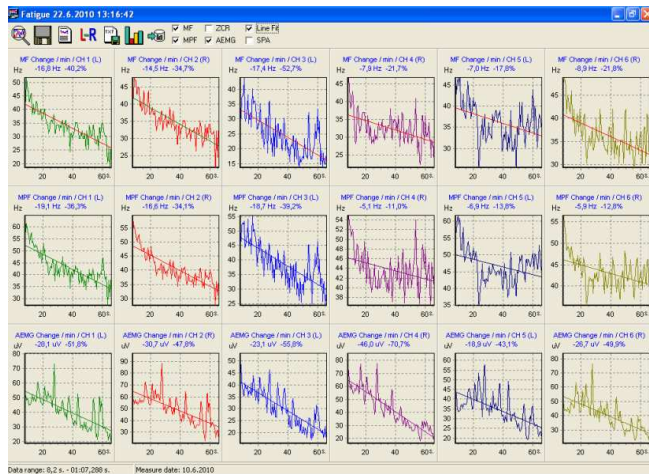
## Mittausasento3



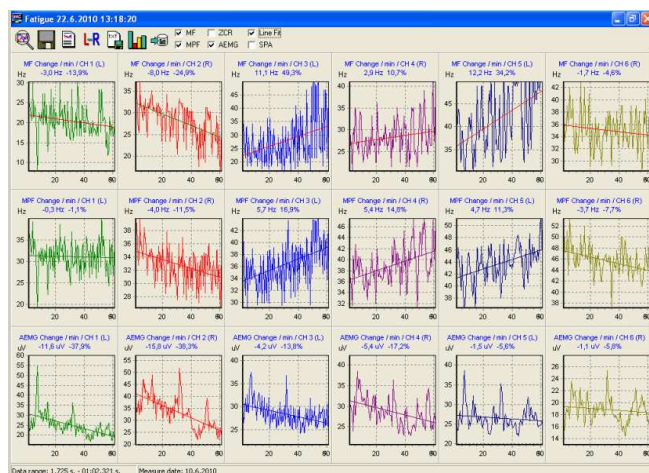
## Koehenkilö6



## Mittausasento1

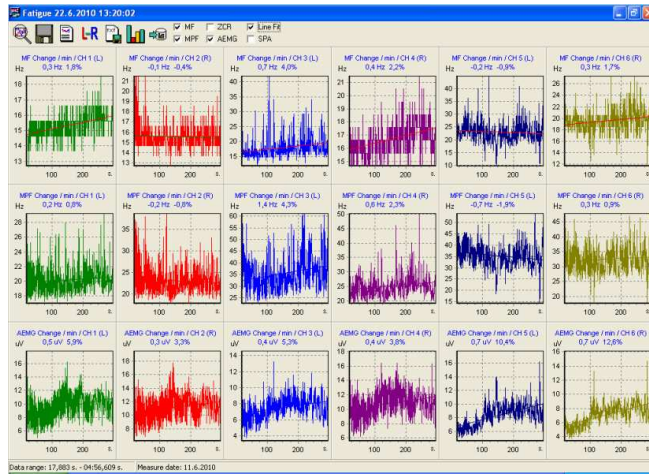


## Mittausasento2

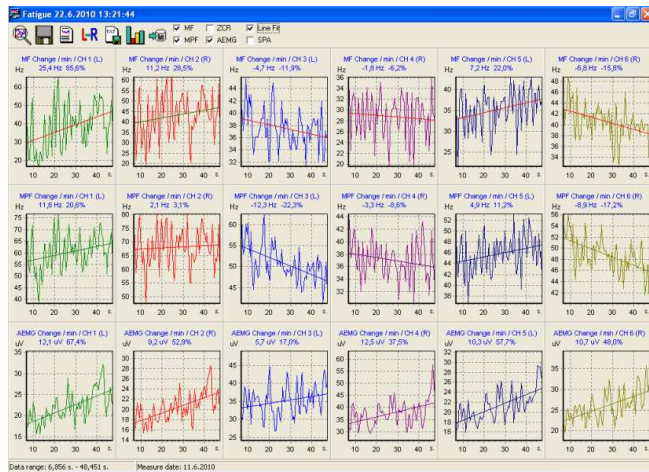


## Mittausasento3

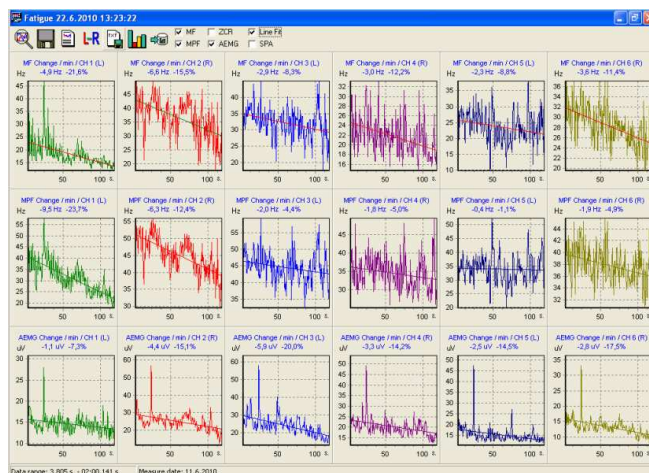
## Koehenkilö7



## Mittausasento1



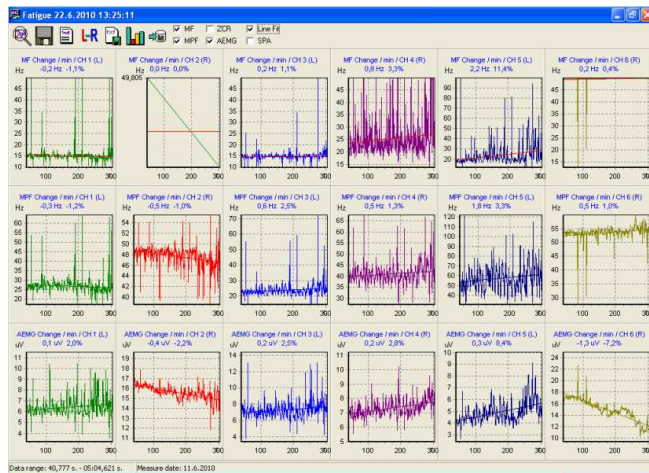
## Mittausasento2



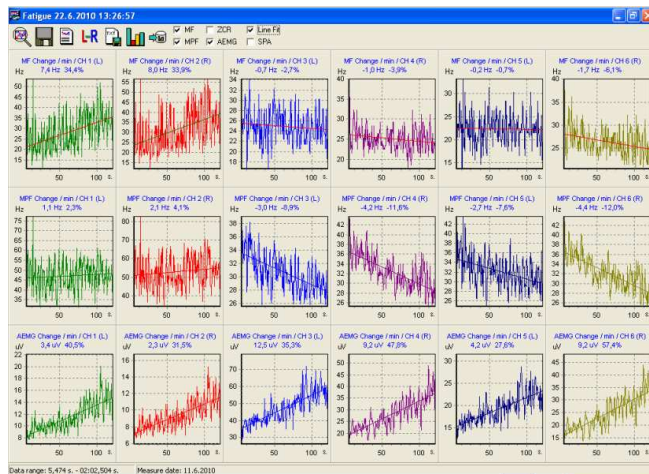
## Mittausasento3



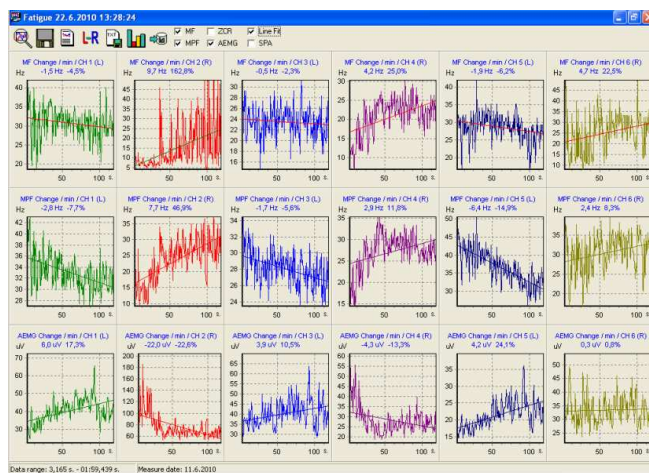
## Koehenkilö8



## Mittausasento1



## Mittausasento2



## Mittausasento3